

TAMPEREEN YLIOPISTO

Johtamiskorkeakoulu

## **Sähköbussi: Kannattava investointi vai sijoitus tulevaisuuteen?**

Aki Kohonen

Pro gradu – tutkielma

Julkinen talousjohtaminen

Toukokuu 2018

Ohjaaja: Eija Vinnari

## TIIVISTELMÄ

Tampereen yliopisto	Johtamiskorkeakoulu; Julkinen talousjohtaminen
Tekijä:	KOHONEN, AKI
Tutkielman nimi:	Sähköbussi: Kannattava investointi vai sijoitus tulevaisuuteen?
Pro gradu – tutkielma:	96 sivua, 6 liitesivua
Aika:	Toukokuu 2018
Avainsanat:	Sähköbussi, joukkoliikenne, kannattavuus, elinkaari

---

Kasvihuonekaasujen lisääntymistä pidetään seurauksena ensisijaisesti ihmisten toimintatavoista, joista merkittävimpanä pidetään fossiilisten polttoaineiden käyttöä. Suomen kansallisessa energia- ja ilmastostrategiassa linjataankin kestäväan kehitykseen sisältyviä toimia, joiden tarkoituksena on saavuttaa hallitusohjelman sekä EU:n tavoitteet vuoteen 2030 ja kasvihuonekaasupäästöjen vähennystä 80–95 prosentilla vuoteen 2050 mennessä. Tampere on valinnut valtakunnantasoisen roolin, jolla tehdään Tampereesta ja sen lähiympäristöistä kokonaisvaltainen sähköistä liikennettä edistävä keskittymä. Tampereen tavoitteena on saavuttaa kansallinen ja mahdollisesti jopa kansainvälinen johtava asema, joka on tunnettu sähköistä liikennettä edistävänä alueena.

Tämän pro gradu – tutkielman tarkoituksena oli tutkia sähköbussien kannattavuutta Tampereen seudun joukkoliikenteessä. Tavoitteena oli tutkia ovatko sähköbussit kannattavia investointeja nykyiselle joukkoliikenteelle vai ovatko ne kenties sijoituksia tulevaisuuden joukkoliikenteeseen. Tämän tapaustutkimuksen empiirisen aineiston toteutuneet elinkaarikustannustiedot kerättiin Tampereen Kaupunkiliikenne Liikelaitokselta ja päästötiedot LIPASTO yksikköpäästötietokannasta. Lisäksi TKL:n työntekijöille suoritettiin SWOT-analyysityyppinen mielipidekysely, jolla kerättiin laadullista taustatietoa sähkö- ja dieselbussikokemuksista.

Empiirisessä aineistossa hyödynnettiin työkaluna kustannus-hyötyanalyysia. Tuloksista selvisi, että tällä hetkellä sähköbussien tekniikka eli käytännössä akun kapasiteetti ja uuden teknologian luotettavuus eivät täysin tue sähköbussien mahdollisuuksia olla niin kannattavia kuin toivottaisiin. Vuonna 2017 sähköbussit operoivat noin 60 prosenttia dieselbussien ajokilometreistä. Sähköbussien operoidessa 15 vuoden elinkaarensa aikana vastaavan määrän ajokilometreinä dieselbussin kanssa, ovat sähköbussin operointikustannukset vain noin 50 prosenttia dieselbussin operointikustannuksista eli mitä enemmän sähköbusseilla operoidaan suhteessa dieselbusseihin, niin sitä kannattavampia sähköbussit ovat.

Ovatko sähköbussit sitten kannattavia investointeja vai sijoituksia tulevaisuuteen? Se on paljolti poliittinen kysymys. Kestävä kehitys ja sähköisen liikenteen edistäminen ei ole ainoastaan Tampereen seudulle sijoittuva, vaan koskee koko Suomea ja saavuttaakseen EU:ssa sovitut tavoitteet vähentää kasvihuonekaasupäästöjen 80–95 prosentilla vuoteen 2050 mennessä, on sähköistä liikennettä kehitettävä huomattavasti myös valtakunnallisella tasolla. Tutkimus antaa suuntaviivoja, joiden mukaan sähköbussit voivat olla kannattavia investointeja ja erityisesti sijoituksia tulevaisuuteen kestäväan kehityksen näkökulmasta katsottuna, kunhan sähköbussien teknologiaa saadaan entisestään kehitettyä.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	5
2	TUTKIMUSASETELMA .....	9
2.1	Tutkimuksen tavoite ja tutkimusongelma .....	10
2.2	Tutkimusote ja aineisto .....	11
2.3	Aikaisempi tutkimus ja kirjallisuus.....	12
2.4	Tutkimuksen rakenne ja sisältö.....	15
3	KESTÄVÄ KEHITYS JA JULKISET HANKINNAT .....	16
3.1	Kestävän kehityksen ulottuvuudet .....	17
3.2	Julkiset hankinnat.....	19
3.3	Investointien ominaispiirteet.....	20
3.4	Investointilaskelmat päätöksenteon työkaluna.....	23
3.4.1	Investointilaskelmien keskeisimmät komponentit .....	23
3.5	Kustannuslaskenta ja laskentatoimen ongelmat.....	25
3.6	Kustannus-hyötyanalyysi .....	28
3.6.1	Ongelmia ja muita näkökulmia kustannus-hyötyanalyysille .....	30
4	SÄHKÖBUSSIEN HANKINTA TAMPEREELLE .....	31
4.1	Sähköbussin operointi – Linja 2.....	32
4.2	Sähköbussien nykytilanne Suomessa.....	33
4.3	Tampereen kaupungin toimintamalli 1.1.2017 alkaen.....	36
4.4	Tampereen Kaupunkiliikenne Liikelaitos .....	38
4.4.1	Bussikalusto .....	41
4.5	Sähköbussien hankinta kestävän kehityksen näkökulmasta .....	42
4.6	Sähköbussien ominaisuudet .....	43
4.6.1	Järjestämistapa ja lataus .....	44
4.6.2	Sähköbussit talvisissa olosuhteissa .....	47
5	SÄHKÖ- JA DIESELBUSSIEN ELINKAARIKUSTANNUS .....	49
5.1	Laskelmien taustaoletukset/-rajaukset .....	49
5.2	Leasing .....	54
5.2.1	Leasing luokittelut.....	55
5.2.2	Leasing edut ja haitat.....	57
5.3	Elinkaarikustannusten muodostuminen .....	59
5.3.1	Elinkaarikustannusten kovat arvot .....	59
5.3.2	Elinkaarikustannusten pehmeät arvot.....	65
5.4	Kustannusten yhteenveto ja vertailu .....	66
6	SÄHKÖ- JA DIESELBUSSIEN SWOT .....	70
6.1	Dieselbussin SWOT .....	71

6.2 Sähköbussin SWOT .....	74
6.3 SWOT – analyysien vertailu .....	77
7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA .....	81
LÄHTEET .....	85
LIITTEET.....	91
Liite 1. Kyselylomake (SWOT).....	91
Liite 2. Diesel- ja sähköbussien elinkaarikustannusten tietoja .....	94

# 1 JOHDANTO

Kasvihuoneilmiötä pidetään luonnollisena sekä moninaisten elämää ylläpitävien tapahtumien sarjana ilmakehässä: Ilman tätä ilmiötä keskilämpötila maapallolla olisi huomattavasti, jopa yli 30 astetta, nykyistä keskilämpötilaa alhaisempi. Tämän luonnollisen kasvihuoneilmiön voimistuminen muodostaa ilmastossamme merkittäviä muutoksia, aiheuttaen samalla maapallolle huomattavia ympäristöongelmia ja vaihteluita elinolosuhteissa. Ilmakehää lämmittävät kaasut, kuten hiilidioksidi, metaani, halogeeniyhdisteet, dityppioksidit ja otsonit, johtavat liisääntyneessä määrin voimistuneeseen kasvihuoneilmiöön. Näiden niin sanottujen kasvihuonekaasujen lisääntymistä pidetään seurauksena ensisijaisesti ihmisten toimintatavoista, joista merkittävimpana pidetään fossiilisten polttoaineiden käyttöä. (Kerkkänen 2010, 25)

Pariisin ilmastosopimus astui voimaan 4.11.2016. Lain perimmäisenä tavoitteena on pitää maapallon keskilämpötilan nousu merkittävästi alle 2,0 asteessa ja pyrkiä erilaisilla toimilla rajaamaan lämpeneminen alle 1,5 asteeseen. EU:ssa on aiemmin asetettu 2030-luvulle saakka ulottuvat tavoitteet ilmasto- ja energiapolitiikalle ja tavoitteista keskeisin on kasvihuonekaasupäästöjen vähennys vähintään 40 prosentilla 1990-luvun päästötasosta. Komission asetus ehdotuksen mukaan Suomen velvoitteena on 39 prosentin päästöjen vähennys taakanjakosektorilla. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2017, 12)

Kestävä kehitys on asetettu kansainvälisessä yhteistyössä ja kansallisessa toiminnassa tavoitteeksi korkeimmalla politiikan tasolla YK:n ympäristö- ja kehityskonferenssissa (UNCED) Rio de Janeiron kaupungissa kesäkuussa vuonna 1992. Tällöin jopa 118 valtiota ja hallitusta olivat samaa mieltä ympäristön ja kehityksen kuuluvan olennaisina asioina yhteen toistensa kanssa. Kestävään kehitykseen sisältyvät periaatteet ja tavoitteet on vahvistettu vuoden 1992 Rion julistuksen toimintaohjelma Agenda 21:ssä. Kestävän kehityksen yleisperiaatteissa puolestaan mainitaan jokaisen valtion olevan ensisijaisesti itse vastuussa asukkaidensa henkisistä, yhteiskunnallisista ja taloudellisista hyvinvoinneista. Toteutukseen tarvitaan erilaisia toimenpiteitä ja menettelytapoja. Kestävää kehitystä pidetään merkittävänä haasteena niin kunnalliselle, valtakunnalliselle kuin globaaliselkin yhteistyölle ja siten kestävän kehityksen toteuttamista pidetään jokaisen kansalaisen vastuuna. (Wilkki 1995, 6)

Suomen kansallisessa energia- ja ilmastostrategiassa linjataankin kestävään kehitykseen sisältyviä toimia, joiden tarkoituksena on saavuttaa hallitusohjelman sekä EU:n tavoitteet 2030-

luvulle ja kasvihuonekaasupäästöjen vähennystä 80–95 prosentilla 2050-luvulle mennessä. Suomi vähentää pienillä poikkeuksilla kivihiiliin liittyvää energian käyttöä. Liikenteessä biopolttoaineiden osuutta korotetaan 30 prosentilla sekä käyttöön otetaan bionesteiden 10 prosentin sekoitusvelvoite kevyissä polttoöljyissä, joita käytetään muiden muassa työkoneisiin ja lämmityksiin. Tavoitteeksi on asetettu vähintään 250 000 sähkö- ja 50 000 kaasutoimintoista autoa. Lisäksi sähkömarkkinoiden kehittämiseen panostetaan niin alueellisella kuin eurooppalaisellakin tasolla (Työ- ja elinkeinoministeriö 2017, 4). Liikenne aiheuttaa noin viidesosan Suomen kasvihuonekaasupäästöistä. Tieliikenteen osuus kaikista liikenteen päästöistä on yhdeksänkymmentä prosenttia. Päästötavoitteiden saavuttaminen vaatii kuitenkin lisää vaihtoehtoisia kulkumuotoja henkilöautoille ja kaupunkialueilla päästöjä voidaankin ehkäistä tehokkaimmin keskittymällä joukkoliikenteen kehittämiseen. Tätä tukee myös vuonna 2009 asetettu joukkoliikennelaki, jossa kaupunkiseudut määrättiin siirtymäajan kuluessa ottamaan vastuu lähialueensa joukkoliikenteen kehittämisestä ja tilaamisesta. (Turunen 2012, 21)

Kaupunkiseutujen joukkoliikenteen kehittäminen ja koko joukkoliikennejärjestelmän edistäminen vaativat kuitenkin huomattavia investointeja kaupunkiseutujen tieliikenteeseen. Tällaiset investoinnit lukeutuvat julkisten investointien ja hankkeiden piiriin ja niitä voidaan toteuttaa eri tavoin, kuten julkisina, yksityisinä tai yhteistoimin julkisen ja yksityisen sektorin toteuttamina hankkeina yhteiskunnan tarpeisiin. Julkiset investoinnit voivat olla myös erityyppisiä ja niiden ajallinen kesto voi vaihdella huomattavastikin sekä niitä voidaan kutsua muiden muassa projekteiksi, hankkeiksi tai suurhankkeiksi, riippuen niiden tyypeistä ja ajallisista kestoista. Esimerkiksi Levin (1985, 92) kuvailee suurhankkeiden olevan suuria ja monivuotisia projekteja, joten niitä olisi tulkittava kokonsa puolesta hankkeina eikä projekteina. Koiviston (2004, 4) mukaan yhteiskunnallisen tarpeen vuoksi kaupunkiseutujen suurikokoiset hankkeet voivat olla mittakaavaltaan valtavan kokoisia ja niiden odotetaan tuottavan mahdollisimman suurta vastinetta verorahoille. Julkisen sektorin toteutetut hankkeet voivat tarkoittaa monia asioita, kuten rakennushankkeita, asuinalueita tai melkein mitä tahansa muuta laajalle vaikuttavaa kohdetta, joihin voisi lukeutua esimerkiksi joukkoliikenteen ja infrastruktuurin hankintaa sekä kehittämistä.

Koivisto (2014, 4) kuvailee joidenkin hankkeiden arvon määrittämisen olevan suurelta osin vaikeaa. Tällaisiin hankkeisiin voi lukeutua esimerkiksi laajat puistoalueet. Tämän tyyppisten hankkeiden arvo voi olla määriteltävissä rahallisesti, mutta niistä saatava hyöty voikin olla paljon laajempi kuin ainoastaan numeerinen rahassa mitattava arvo. Suuren mittakaavan hankkeiden merkittävimpiä osatekijöitä ovat hankkeeseen sisältyvät kokonaiskustannukset. Jotta

investointipäätös voidaan tehdä, on selvítettävä mahdollisimman kattavasti tiedot liittyen kustannuksiin ja hyötyihin ja tällöin investointikohteen lähestymistapana voidaan hyödyntää kustannushyötyteoriaa. Kustannus-hyötyanalyysi on väline, jonka avulla voidaan selvittää hankkeisiin liittyvät sekä hyödyt että kustannukset. Sitä käytetään päätöksentekotilanteissa tietoa lisäävänä arviointityökaluna ja se auttaa myös arvioimaan hankkeiden toteutumista. Kustannushyötyteoria on kansainvälisesti tunnettu menetelmä ja työkalu, sitä käytetään muiden muassa USA:ssa ja Iso-Britanniassa.

Myös Tampereella on suunniteltu strategiset toimenpiteet kansallisen energia- ja ilmastostrategian linjattujen toimenpiteiden saavuttamiseksi. Tampereen kaupungin 2025-luvun kaupunkistrategiassa on korostettu ensisijaisesti älykästä ja kestävästä liikennettä sekä tiivistä, vihreää ja vähähiilistä yhdyskuntarakennetta. Sähköistä liikennettä pidetään yhtenä keinona vastamaan näihin tavoitteisiin, sen vähentäessä liikenteen ympäristöpäästöjä ja alentamalla kustannuksia sekä parantamalla kaupunkiseutujen viihtyvyyttä. Tampere laatiikin sähköistä liikennettä koskevaa strategiaa, jota tullaan jalkauttamaan ja toimeenpanemaan Tampereen kaupunkistrategiassa. (Stenman ym. 2014, 3)

Näin ollen Tampereen joukkoliikenteessä tapahtuu lähivuosina suuria muutoksia. Osa muutoksista näkyy jo katukuvassa ja vaikuttaa arkeen. Ympäristökysymykset, digitalisaatio ja maailmanlaajuinen kaupungistumistrendi luovat taustan, joka vaikuttaa merkittävästi myös Tampereen seudun joukkoliikenteen suunnitteluun ja kehittämiseen. Liikenne on yksi keskeinen ilman saastumiseen ja kasvihuonekaasupäästöihin vaikuttava tekijä. Siksi liikennesuunnittelussa painotetaan kestäviä liikkumismuotoja. Joukkoliikenne on näistä keskeisin. Tampereen seudulla bussit ovat perinteisesti muodostaneet joukkoliikenteen rungon – ja niin on edelleen. Vuonna 2021 liikennöinnin aloittava raitiotie tulee olemaan joukkoliikenteen selkäranka seuraavina vuosikymmeninä, mutta bussit säilyvät katukuvassa senkin jälkeen. Laajentuessaankin ratikka saavuttaa vain osan tamperelaisista. Tampereen pormestariohjelmaan on kirjattu tavoite, jonka mukaan kaupungin tulisi olla hiilineutraali vuoteen 2030 mennessä. Tämä tulee erityisesti 2020-luvulla ohjaamaan myös niitä vaatimuksia, joita asetetaan seudun joukkoliikenteen kalustohankinnoille. Esimerkiksi sähköbussien määrä lisääntynee merkittävästi. (Jäntti 2017, 3)

Sähköisen liikenteen kehittämistä pidetään tärkeänä erityisesti kaupunkiseuduilla. Sillä koetaan olevan monia hyötyjä kustannussäästöjen lisäksi, kuten ensisijaisesti ympäristöön liittyvien pehmeiden arvojen vähentyneet päästövaikutukset, jotka puolestaan vaikuttavat suoraan

ihmisiin ja terveyteen sekä hyvinvointiin. Sähköinen liikenne vaikuttaa myös kaupunkialueiden melutasojen alenemiseen moottoreiden ollessa hiljaisempia. Sillä voi olla myös työllistävä vaikutus, koska uuden teknologiaa ja latausinfraan kehittämistä varten tarvitaan erityisosaamista. Sähköisen liikenteen uutta teknologiaa ei ole vielä paljoa koeteltu ja se voi sisältää riskejä, mutta kuitenkin tulevaisuuden näkymät vaikuttavat positiivisilta. Sähköisten kulkuneuvojen teknologian kehittämiseen panostetaan ja erityisesti akkuteknologian kehittymisen odotusarvot ovat korkealla, jonka pitäisi kasvattaa operointimatkoja ja alentaa hintoja. Suomessa ennustetaankin sähköiselle liikenteellä huomattavaa kasvua lähitulevaisuudessa. (Stenman ym. 2014, 3)

Tampereen kaupungin sähköistä liikennettä edistävinä toimenpiteinä voitaisiin vaihtaa mahdollisimman monia polttomoottorikulkuneuvoja sähköisiin ajoneuvoihin. Tampereen kaupunki omistaa niin henkilöautoja kuin esimerkiksi bussejakin ja näitä olisi suositeltavaa korvata mahdollisuuksien mukaan esimerkiksi täyssähköbusseiksi. Siinä tapauksessa pitäisi kehittää entisestään latausinfraa ja pikalatauspisteitä. Lisäetuuksina tai – kannustimina voitaisiin kannustaa kaupungin erilaisilla pysäköinti- tai latausmahdollisuuksilla. (Stenman ym. 2014, 3)

Kestävän kehityksen ajattelumallien mukaiset toimintatavat ovat olleet kasvusuunnassa 1970-luvulta asti. Varsinkin kehittyneemmissä länsimaissa kiinnostus kestävän kehityksen periaatteisiin on ollut nouseva. Kiinnostus ei ole yksinomaan kohdistunut rahaan ja sen arvoon, vaan lisäksi myös tuotteiden ja palveluiden alkuperään sekä ympäristövaikutuksiin. Kuitenkaan julkisen sektorin kestävän kehityksen kannattavuutta ei ole juurikaan tutkittu, ainakaan julkisen joukkoliikenteen näkökulmasta. Tässä tutkimuksessa keskitytään Tampereen neljän sähköbussin hankintaan, jotka starttasivat ennen vuoden 2016 joulua. Perimmäisenä tavoitteena on selvittää sähköbussien kannattavuutta joukkoliikenteen järjestämisessä vai ovatko ne kenties sijoituksia tulevaisuuteen kestävän kehityksen periaatteiden näkökulmasta katsottuna. Tarkoituksena on vertailla diesel- ja sähköbussien toteutuneita elinkaarikustannuksia toisiinsa. Näin ollen on hyvinkin perusteltua lähestyä tutkimuskohdetta kustannus-hyötyteorian näkökulmaa ja kustannus-hyötyanalyysia hyödyntäen.



## 2 TUTKIMUSASETELMA

Tutkimukseni lähtökohtia taustoittaa Tampereen kaupungin 2025-luvun kaupunkistrategiaan jalustalle nostettu älykkään ja kestävä liikenteen kehittäminen sekä panostus tiiviiseen, vihertävään ja mahdollisimman vähähiiliseen yhdyskuntarakenteeseen (Stenman ym. 2014, 3). Yhtenä keinona vastata kaikkiin näihin tavoitteisiin voidaan pitää sähköistä liikennettä, jonka avulla on mahdollista saavuttaa kaupungille merkittäviä kustannussäästöjä liikkumisessa ja kuljetuksissa sekä lisäksi houkutella alan liiketoiminnan sijoittumista Tampereelle (Stenman ym. 2014, 3). Stokes ja Poger (2013, 4) kertovat, että Jerramin ja Gartnerin (2012) mukaan sähköajoneuvot tarjoavat monia hyötyjä tavanomaisiin dieselbusseihin verrattuna, kuten ympäristöystävällisyyden parantumista, energiavarmuutta, hiljaisempaa operointia ja kokonaisuudessaan polttoainekustannusten säästöjä. Myös Tzeng ym. (2005, 1373–1383) ovat tunnistanee päästöttömät sähköbussit lupaaviksi vaihtoehtoiksi diesel- ja kaasubusseille parantaessaan ilman laatua ja säästäessään polttoainekuluissa.

Kotakorpi ja Siikasmaa (2016, 5) esittelevät sähköbussihankinnan toteutus – Tampereen kokemuksia selvityksessään, että Tampere on tehnyt sähköistä liikennettä koskevan käyttöönottoselvityksen vuonna 2013. Selvitystä pidetään osana laaja-alaisempaa strategista työtä, jonka perusteella mietitään miten Tampereen sähköistä liikennettä edistävän roolimallia pystytään viemään entisestään eteenpäin. Tähän selvitykseen sisältyi erilaisia roolimallivaihtoehtoja; kuten toimiva toteuttaja, kehityksen seurailija, valtakunnallinen suunnannäyttävä ja esimerkiksi vaikkuttaja. Vuoden 2014 elokuussa Tampereen kaupunginhallituksen suunnittelukouksessa valittiin Tampereelle valtakunnallisen suunnannäyttävän roolimalli sähköiseen liikenteeseen liittyen. Kuitenkin tämän roolin saavuttaminen vaatii Tampereen kaupungilta suuria kehitysaskeleita sähköiselle liikenteelle, jossa tarvitaan sekä julkisen että yksityisen sektorin toimia. Tässä roolissa Tampere osoittaa malliesimerkkiä niin valtakunnallisesti kuin kansainvälisestikin. Kuten aiemmin on mainittu, niin sähköisen liikenteen kehittämistä pidetään tärkeänä erityisesti kaupunkiseuduilla. Sillä koetaan olevan monia hyötyjä kustannussäästöjen lisäksi, kuten ensisijaisesti ympäristöön liittyvien pehmeiden arvojen vähentyneet päästövaiikutukset, jotka puolestaan vaikuttavat suoraan ihmisiin ja terveyteen sekä hyvinvointiin.

Edellä mainitun selvityksen jälkeen on laadittu myös toteutussuunnitelma sähköiselle liikenteelle, jonka toimenpiteinä on tarkoitus saavuttaa valtakunnallisen suunnannäyttävän rooli ja Tampereen kaupungin tavoitteleva johtava asema sähköisen liikenteen edistäjänä. Näihin

toimenpiteisiin lukeutuvat muiden muassa sähköbussien hankkiminen. Myös muiden Pohjoismaissa sijaitsevien kaupunkien suunnitelmiin sisältyvät sähköbussien kappalemäärien kasvattaminen (esim. Kööpenhamina ja Oslo: Mikkel Krogsgaard Niss 2016, Ruter 2016).

## 2.1 Tutkimuksen tavoite ja tutkimusongelma

Kestävän kehityksen mukainen liikennejärjestelmä perustuu toimivaan joukkoliikenteeseen ja lähiympäristössä hyviin kevyen liikenteen yhteyksiin. Kaupunkisuunnittelu on avainasemassa näiden tavoitteiden toteuttamisessa. Toimintojen sijoittamisella, liikennejärjestelmällä ja väylätarjonnalla on ratkaiseva vaikutus liikkumiseen ja liikenteen määrään. Pitemmällä aikavälillä maailmanlaajuisen kasvihuoneilmiön kehittymistä hidastavat toimenpiteet, kuten moottoriajoneuvoliikenteen vähentäminen, tulevat olemaan erityisen tärkeitä (Helsingin kaupunki 1995, 23). Myös Lehtisen ja Kanervan (2017, 12) mukaan erityisesti dieselbussiliikenteen vähentäminen ja vastaavasti sähköbussiliikenteeseen panostaminen toisivat merkittäviä muutoksia, kuten melutason alenemista ja paikallispäästöttömyyttä, joka puolestaan vaikuttaa suoraan ilmanlaadun paranemiseen. Kuitenkin sitä ennen tarvitaan kattavasti tietoa sähköbussien toiminnoista ja teknologiasta. Onkin järkevää kasvattaa kaupunkiseutujen sekä joukkoliikennetoimijoiden yhteistyötä suunniteltaessa sähköbussiliikennettä ja niiden hankkimista. Tutkimuksen tavoitteena onkin selvittää kestävän kehityksen näkökulmasta julkisten investointien kannattavuutta ja niiden arvioimista.

Tutkimuksella pyritään vastaamaan seuraavaan tutkimuskysymykseen:

1. *Miten julkisten kestävän kehityksen investointien kannattavuutta voidaan arvioida?*

Tampereen kaupungin vuoden 2013 sähköisen liikenteen käyttöönottoselvityksen sekä Kotakorven ja Siikasmaan sähköbussihankinnan toteutus – Tampereen kokemuksia selvityksessään (2016) kustannustietoisuus ja kannattavuuden selvittämiset perustuivat arvioperusteisuuteen. Vastaava asia koskee myös muitakin Suomessa tehdyistä sähköbusseihin liittyvistä tutkimuksista ja selvityksistä. Ainakaan Pro gradu – tutkimuksia, joissa vertaillaan sähkö- ja dieselbussien toteutuneita kustannuksia toisiinsa, ei tullut vastaan. Dieselbussit ovat olleet jo pidemmän aikaa joukkoliikenteen käytettävissä ympäri Suomea, mutta ensimmäiset sähköbussit aloittivat liikennöinnin osana Helsingin-, Turun- ja Tampereen seudun joukkoliikennettä vasta vuoden 2016 aikana. Näin ollen tarkempia toteutuneita kustannustietoja ei ole aiemmin ollut käytettävissä.

Tässä Pro gradussa on tarkoitus syventyä ja tutkia sähköbussien kannattavuutta erityisesti Tampereen seudun joukkoliikenteessä. Ensisijaisena tavoitteena on saada selvitettyä ovatko sähköbussit kannattavia investointeja nykyiselle joukkoliikenteelle vai ovatko ne kenties sijoituksia tulevaisuuden joukkoliikenteeseen.

## **2.2 Tutkimusote ja aineisto**

Tämän tutkimuksen aineistossa keskitytään ensisijaisesti Tampereen seudulla liikennöiviin sähköbusseihin, jotka operoivat Tampereen Kaupunkiliikenne Liikelaitoksen toimesta. Ei ole kuitenkaan itsestään selvää ovatko sähköbussit kannattavia investointeja vai sijoituksia tulevaisuuteen.

Tämä Pro gradu-tutkimus kohdistuu Tampereen Kaupunkiliikenne Liikelaitokseen ja heidän käytössä olevien linja-autojen kannattavuuteen joukkoliikenteessä, joten tutkimusta on syytä lähestyä tapaustutkimuksen muodossa. Tutkimuksessa hyödynnetään kirjallisuutta sekä muita tutkimuksia ja selvityksiä. Saadaksesen vastaukset tutkimuskysymykseen on perusteltua käyttää tässä tapaustutkimuksessa kustannus-hyötyanalyysia, joka toimii erinomaisena työkaluna erilaisten hankkeiden arvioinneissa. Empiiristä aineistoa varten tarvittavat vuoden 2017 toteutuneet kustannustiedot tullaan keräämään yhteisvoimin TKL:n toimitusjohtaja Pirhosen ja kalustopäällikkö Keinosen kanssa. LIPASTO yksikköpäästötietokantaan raportoiduista tiedoista saadaan selville päästötiedot.

Tutkimusongelmaa lähestytään julkisten investointien ja hankintojen sekä kestävän kehityksen näkökulmasta. Jokainen on muodostanut oman kuvansa kestävän kehityksen sisällöstä, mitään yleisesti hyväksyttyä määritelmää ei ole. Kestävän kehityksen käsite myös muuttuu koko ajan. Intuiitiivisesti voidaan kuitenkin tehdä useita arvostelmia. Esimerkiksi puun käyttö energialähteenä ja raaka-aineena on kestävän kehityksen mukaista, koska puu on uudistuva luonnonvara jonka käyttö ei lisää ilman hiilidioksidimäärää. Fossiilisilla polttoaineilla ei ole näitä ominaisuuksia. Myös muilla aloilla kestävän kehityksen mukainen ajattelu saa lisää sisältöä. Esimerkkinä mainittakoon tuotteiden elinkaarianalyysi. Siinä vertailuun otetaan tuotteen ostohinnan ja käyttökustannusten lisäksi kaikki tuotteen valmistukseen, käyttöön ja käytöstä poistoon tarvittavat tuotantopanokset ja niiden ympäristövaikutukset. (Kurki-Suonio & Heikkilä 1994, 7)

Lisäksi tutkimuksessa hyödynnetään lomakekyselyä TKL:n työntekijöille, jossa tiedustellaan linja-autonkuljettajien ja esimiesten kokemuksia sähkö- ja dieselbussien mahdollisista vahvuuksista, heikkouksista, mahdollisuuksista sekä uhkista. Näin ollen työkaluna tässä lomakekyselyssä käytetään SWOT-analyysiä. Vastaukset perustuvat työntekijöiden omiin ajatuksiin ja kokemuksiin. Lomakekyselyn tarkoituksena on lisätä ymmärrystä sähkö- ja dieselbussien kannattavuudesta joukkoliikenteessä. Tutkimus kuitenkin ensisijaisesti kohdentuu sähkö- ja dieselbussien toteutuneiden kustannusten selvittämiseen ja niiden vertailemiseen toistensa kanssa, joten matkustajien mielipidekyselyn tarkoituksena on hieman lisätä laadullista analyysiä elinkaarikustannusten eli kovien ja pehmeiden arvojen ympärille.

### **2.3 Aikaisempi tutkimus ja kirjallisuus**

Sähköisestä liikennöinnistä ja eritoten sähköbusseista on tehty erilaisia tutkimuksia ja selvityksiä sekä kirjallisuuskatsauksia niin Suomessa kuin ulkomaillakin. Suomessa tutkimukset ja selvitykset ovat liittyneet muiden muassa Lehtisen ja Kanervan (2017) selvitys sähköbussien edistämiseen suomalaisilla kaupunkiseuduilla ja Lehtisen (2014) diplomityö sähköbussit osana Turun seudun joukkoliikennettä. Edellä mainitut suomalaiset tutkimukset ja selvitykset ovat ensisijaisesti keskittyneet kustannusten arvioimisen kautta diesel- ja sähköbussien kannattavuuden selvittämiseen tai vertailemiseen, kun taas tämä tutkimus tulee kohdistumaan toteutuneiden kustannusten vertailemiseen. Vaikka edellä mainituissa tutkimuksissa on kustannuksia arvioitu, niin näissäkin arvioissa sähköbussiliikenteen todetaan olevan kannattavampaa dieselbussiliikenteeseen verrattuna. Esimerkiksi Lehtisen diplomityön kustannuslaskelmien perusteella arvioidaan joukkoliikennelinjan sähköistämisen mahdollistavan jopa satojen tuhansien eurojen vuosittaiset kustannussäästöt. Haasteita voivat puolestaan tuoda muiden muassa väärät joukkoliikennelinjojen valinnat tai akkujen eliniät.

Yksi kiinnostavimmista muista selvityksistä vastasi paljolti Tampereen kaupungin joukkoliikenteeseen tehtyjä sähköbussien käyttöönotto- ja toteutusselvityksiä, kun Airaksisen ym. (2015) tekemässä selvityksessä arvioitiin erilaisten käyttövoimien käyttömahdollisuuksia Lahden kaupungissa. Selvityksen taustalla on hyötyajoneuvojen, kuten bussien käyttövoimien (dieselistä biokaasuun, hybrideihin tai sähköön) nopea muutos henkilöautojen ajoneuvokantaan verrattuna. Lahden kaupungin tavoitteena on tutkia eri toimenpiteitä, joilla saavutetaan tarvittavat kasvihuonepäästövähennykset. Useissa kaupungeissa todetaan olevan mielenkiintoa täyssähköbussia kohtaan, mutta kaupunkien joukkoliikenteen operoivat linjat, investointiratkaisut ja synergiamahdollisuudet poikkeavat huomattavasti toisistaan. Selvityksen

mukaan Lahdessa aiotaan seurata Suomen eri kaupunkien sähköisestä bussiliikenteestä ja Ruotsin Plug-in-hybridibussiliikenteestä saatuja kokemuksia ennen kuin päätöksiä tehdään sähköistetyin liikenteen aloittamisesta.

Kansainvälisistä sähköbussisiin ja sähköiseen joukkoliikenteeseen liittyvistä artikkeleista ja tutkimuksista mainittakoon erityisesti seuraavat, jotka myös tukevat tämän tutkimuksen sisältöä. Aber (2016) vertaili New Yorkin kaupungin joukkoliikenteen pyynnöstä nykyisin käytössä olevien diesel- ja hybridibussien eroja sähköbussisiin. Analyysissä keskityttiin ensisijaisesti sähköbussien taloudelliseen kannattavuuteen ja ympäristöllisiin vaikutuksiin. Kokonaiskustannuksien todetaan olevan merkittävästi korkeampia dieselbussisiin verrattuna, mutta huomattava parannus pehmeissä arvoissa ja operointikustannuksien alaisuus korostaisivat sähköbussien hankintaa. Aber suosittelee New Yorkin kaupungin ottavan ensiaskeleet kehittää sähköbussien hankintaa. Kuitenkin sähköbussien hankinta vaatii myös panostuksia infrastruktuuriin, josta myös Ran Wei (2016) artikkeli kertoo. Hänen mielestään sähköbussien käyttöönottoaminen vaatii merkittäviä investointeja sekä strategista ja kokonaisvaltaista suunnittelua.

Tutkimukseni käsittelee kuitenkin sähköbussien kannattavuutta joukkoliikenteessä ja erityisesti haastavissa Skandinaavissa olosuhteissa, joten erityisesti Taljegardin lisensiaatin tutkimus (2017) tieliikenteen sähköistämisen vaikutuksista Skandinavian sähköjärjestelmissä oli mielenkiintoinen ja antaa suuntaviivoja myös omalle tutkimukselleni. Hänen tutkimustaan taustoittaa kuljetusliikenteen tarve vähentää CO<sub>2</sub> päästöjä korvaamalla fossiiliset polttoaineet vähähiilillä vaihtoehtoilla. Hänen mukaansa kuljetusliikenteen sähköistäminen muiden muassa sähköisillä ajoneuvoilla voidaan pitää mahdollisina vaihtoehtoina, kun tavoitellaan CO<sub>2</sub> päästöjen vähennystä. Vastaavasti muutamaa vuotta aiemmin Maicanin (2014) artikkelissa kuvattiin puolestaan polttoaineiden ja vetyjen (hydrogen) nykytilannetta Euroopan tieliikenteessä. Artikkelia taustoittaa EU:n komission tieliikenteen tavoitteet vähentää vuoden 1990 päästötasoista 60 prosenttia hiilestä irtautumista (decarbonisation) ja 80 prosenttia CO<sub>2</sub>-päästöjä vuoteen 2050 mennessä. Maicanin artikkelin mukaan kuljetusliikenteen vety- ja polttoaineteknologian kehittäminen tarjoavat luotettavia vaihtoehtoja EU 2020 yhteiskunnallisten strategisten kasvihuonepäästövähennystavoitteiden saavuttamiseksi. Maicania aiemmin muiden muassa Kendallin ja Polletin (2012) artikkelissa käsiteltiin polttoaineiden ja vetyjen tilannetta kuljetusliikenteessä, joten asia ei ole uusi, mutta sitäkin tärkeämpi.

Tutkimuksessani hyödynnetään kustannus-hyötyanalyysia diesel- ja sähköbussien kustannusten vertailemiseksi. Aiemmin tehdyistä kansainvälisistä artikkeleista yksi mieleenpainuvimmista oli Noelin ja McCormackin (2014) artikkeli; kustannus-hyötyanalyysi, jossa verrattiin sähköisen koulubussin ja perinteisen dieselbussin kustannuksia toisiinsa. Artikkelista selviää myös, että sähköisten ajoneuvojen hyödyistä huolimatta niillä on myös monia rajoituksia, kuten, akun hinta, toimintasäde ja latausasemien saatavuus, jotka ehkäisevät niiden laaja-alaista leviämistä. Kuitenkin sähköisillä koulubusseilla on mahdollista säästää huomattavasti resursseja elinkaarensa aikana dieselbusseihin verrattuna, jonka lisäksi tulevat myös terveys- ja ympäristövaikutukset sekä tämä voisi rohkaista laajempaa sähköbussien käyttöönottoa ja uusiutuvien energialähteiden kasvua. Myös kotimaisessa Pursiaisen (2014) artikkelissa ”kustannus-hyötyanalyysi julkisessa päätöksenteossa: esimerkkinä alueellistamisen arviointi” taustoitetaan hyvin kustannus-hyötyanalyysin käyttöä julkisessa päätöksenteossa.

Arvokkaita kotimaisia tutkielmia ja tutkimuksia sekä erityisesti kirjallisuutta yhteiskunnalliseen laskentatoimeen löytyy pitkältä ajalta, jopa 1970-luvulta lähtien, mutta keskityin hieman uudempiin teoksiin ja tutkielmiin, joista kustannus-hyötyanalyysien taustatietoja tarjosivat sähköisinä- ja kirjallisuusmuodoissa muiden muassa seuraavat tutkielmat; Pesosen (1993) kunnallistutkimuksen tutkielma ”kustannus-hyötyanalyysi kunnallisessa päätöksenteossa”, Suvannon (1992) Pro gradu – tutkimus ”kustannus-hyötyanalyysi ja sen käytännön soveltaminen” sekä uudempaa näkökulmaa ja erityisesti julkiselle sektorille kohdistunut Asikaisen (2007) lisensiaatintutkimus ”taloudellinen arviointi julkisella sektorilla. Taloudellisen arvioinnin laskentateoreettiset ja laskentakäytännölliset ominaispiirteet, kehitys ja vuorovaikutus. Case: terveydenhuolto”. Kotimaisen kirjallisuuden Pirkolan (1994) teos ”elinkeinotoiminnan hinta: kuntien yritystukipäätösten kustannusten ja hyötyjen arviointia” tuo hyvin esille kustannusten ja hyötyjen ymmärtämisen tärkeyttä, joka on myös omassa tutkimuksessani yksi merkittävimmistä seikoista.

Tutkimuksessani käsitellään elinkaarikustannusten laskentaa, joten arvokasta näkökulmaa elinkaarilaskennan sektorilta saa Hännisen (2009) Pro gradu – tutkimuksesta ”elinkaarimallit kuntien palvelutuotannossa”. Vaikka tutkimuksessani ei vallitse kilpailullisia olosuhteita julkisessa elinkaarihankkeessa, niin asian tärkeys pitää kuitenkin ymmärtää ja huomioida, joten tätä näkökulmaa avaa hyvin Pohjosen (2006) teos ”julkisen elinkaarihankkeen kilpailuttamisopas”. Myös Laineen ja Junnosen (2006) teos ”julkisen elinkaarihankkeen hankintaprosessi” kuvailee elinkaarihankkeeseen liittyviä hankintaprosesseja mallikkaalla tavalla.

Tutkimukseeni tärkeää taustatietoa ja kokonaisvaltaista ymmärrystä lisäsivät myös elinkaari-kustannuksiin, sähköbusseihin ja niiden teknologiaan sekä uusiutuvaan energiaan liittyvistä kansainvälisistä artikkeleista erityisesti Battke ym. (2013) artikkeli *”a review and probabilistic model of lifecycle costs of stationary batteries in multiple applications”*, Ahmadin ym. (2018) artikkeli *”multicriterion optimal electric drive vehicle selection based on lifecycle emission and lifecycle cost”* ja Lajusen (2018) artikkeli *”lifecycle costs and charging requirements of electric buses with different charging methods”* sekä Ogdenin ym. (2004) artikkeli *”societal lifecycle costs of cars with alternative fuels/engines”*.

## 2.4 Tutkimuksen rakenne ja sisältö

Graduni rakentuu teoriaosuudesta, tutkimuksen toteutuksesta, johtopäätöksistä ja pohdinnasta. Gradussani käytettävät kuviot (1-4) ja taulukot (1-11) sijaitsevat kokonaisuudessaan sisällytettyinä eri lukuihin. Liitteet-osioon on lisätty SWOT-kyselylomake (Liite 1) ja diesel- ja sähköbussien elinkaarikustannusten taustatietoja (Liite 2).

Johdannossa kerrotaan tutkimuksen taustoja ja miten tutkimuksen aiheeseen on päädytty. Luvussa kaksi käydään läpi tutkimuksen tavoite ja tutkimusongelma, tutkimusote, aikaisemmin tehdyt tutkimukset ja kirjallisuudet sekä mistä tutkimuksen sisältö rakentuu. Kolmannessa luvussa gradun teoriaa lähestytään kestäväen kehityksen ja julkisten hankintojen sekä kustannusten näkökulmista. Tarkoituksena on perehtyä hieman tarkemmin kestäväen kehityksen termistöön ja ulottuvuuksiin sekä kustannuslaskentaan ja sen ongelmatilanteisiin. Lisäksi luvussa perehdytään kustannus-hyötyanalyysin käsitteeseen.

Luvussa neljä syvennyttään sähköbussien hankintaan Tampereelle ja esitellään Tampereen kaupungin toimintamallin kehitystä sekä Tampereen Kaupunkiliikenne Liikelaitosta. Tampereen organisaatiomallissa siirryttiin niin sanottuun pormestarimalliin vuonna 2007, kutsutaan myös tilaaja-tuottajamalliksi. Luvun lopussa tarkastellaan sähköbusseihin liittyviä ominaispiirteitä. Viidennessä luvussa keskitytään tarkemmin sähkö- ja dieselbussien elinkaarikustannuksien kovien ja pehmeiden arvojen muodostumiseen sekä käydään läpi leasingvuokrauksen luokitteluja, etuja ja haittoja. Työntekijöiden kokemuksia ja mielipiteitä sähkö- ja dieselbussien vahvuuksista, heikkouksista, mahdollisuuksista ja uhista esitellään luvussa kuusi SWOT-tilukoiden muodossa. Viimeinen seitsemäs luku sisältää johtopäätökset sekä pohdinnan.

### 3 KESTÄVÄ KEHITYS JA JULKISET HANKINNAT

Alun perin Yhdistyneiden Kansakuntien (World Commission on Environment and Development) vuonna 1987 julkaisema raportti ”Yhteinen tulevaisuutemme” (Our Common Future) toi maailmalle jo muoti-ilmaisuksi muodostuneen kestävä kehityksen määritelmän; *”kestävä kehitys on kehitystä, joka tyydyttää nykyhetken tarpeet viemättä tulevilta sukupolvilta mahdollisuutta tyydyttää heidän omia tarpeitaan* (WCED 1987, 41). Tämän määritelmän ytimenä on kehityksen ylisukupolvisuus. Myös Munasinghen (2004, 1) artikkelissa mainitaan, että Rio De Janeiron vuoden 1992 ja Johannesburgin vuoden 2002 kestävä kehityksen huippukouksien jälkeen kestävä kehitys tuli maailmanlaajuisesti tunnetuksi. Käsitteen sisältöä, joka jo alun perin oli epäselvä, on sittemmin muotoiltu eri käyttäjien tarkoituksiin sopivaksi. Tämä johtuu ennen muuta siitä, että sisällön tulkinnassa *kasvun tarve on usein syrjäyttänyt kasvun edellytykset*. Nykyaikana joudutaan kuitenkin arvioimaan edellytykset uudelleen: Yhteiskunnan ja sen talouden kehitys ei enää kuluttaa palautumattomasti luonnon pääomaa eikä heikentää biologisia tuotantojärjestelmiä. Tämä johtaa koko maailmassa arvojen ja ajatustapojen muutostarpeeseen. (Kurki-Suonio & Heikkilä 1994, 9)

Kestävä kehityksen yleisin määritelmä Kurki-Suonion ja Heikkilän (1994, 14) mukaan on:

*Maapallon varantojen strategian tulee käsittää niiden käytön hallinta siten, että se ottaa huomioon tämän sukupolven inhimilliset tarpeet vähentämättä tulevien sukupolvien mahdollisuuksia.*

Varantojen oikeudenmukainen jako, joka jo yhden sukupolven kesken on kyllin vaikeaa, on vielä vaikeampaa, mutta silti keskeistä, kun otetaan huomioon tulevat sukupolvet ja tuleva maailmantalous. Tässä on lisäksi kuitenkin otettava huomioon myös, että varantojen käyttö uuden tiedon ja teknologian hankkimiseen juuri nyt lisää tulevien sukupolvien mahdollisuuksia voittaa omat ongelmansa, joiden laatua ei ehkä nyt edes aavisteta. Uusi tieto lisää mahdollisuuksiamme ennakoida ja väistää uhkaavia katastrofeja. Taloustieteilijät ovat varantojen käytön suhteen erimielisiä. Yhtäällä väitetään, ettei aineellisia rajoituksia edes ole, vaan raaka-aineen vähetessä se kallistuu, jolloin keksitään halvempi korvaava aine, toisaalla taas ollaan sitä mieltä, etteivät nykyiset teoriat kykene selvittämään edessä olevaa tilannetta. Käsitelty näkökohdat johtavat päätelmään, että kestävä kehitys on pohjaltaan ajan mukana muuttuva arvoarvostelma. (Kurki-Suonio & Heikkilä 1994, 14)



Kyrön (1999, 9) mukaan kestävä kehitys on taloudellisesti ja ekologisesti kestävä kehitys:

*”Vasta parisataa vuotta on vallinnut yhteisymmärrys siitä, että maapallo ei ole litteä vaan pyöreä, kuinka kauan meiltä menee sen oivaltamiseen, että pallomme säde on vakio, se ei kasva, vaikka kuinka niin toisillemme vakuuttaisimme.”*

### 3.1 Kestävän kehityksen ulottuvuudet

Yhdistyneiden Kansakuntien vuonna 1987 julkaisemassa raportissa ”Yhteinen tulevaisuutemme” löydettiin kestävä kehityksen määritelmän lisäksi kestävälle kehitykselle myös kolme ulottuvuutta, jotka ovat ekologinen, taloudellinen ja sosiaalinen ulottuvuus (WCED 1987). Laaja-alaisemmin nämä ulottuvuudet hyväksyttiin ekonomisti Mohan Munasinghen lanseeraama kestävä kehityksen ulottuvuudet maailmanlaajuisesti tunnetuksi vuoden 1992 Rio de Janeiron huippukokouksessa (Munasinghe 2004, 1).

Montgomery ja Sanches (2002, 31) kuvailevat kestäväan kehitykseen lukeutuvia kolmea ulottuvuutta seuraavilla tavoilla; *ekologinen ulottuvuus* sisältää ensisijaisesti kokonaisvaltaista luonnonvarojen hallintaa, *sosiaalinen ulottuvuus* puolestaan eri yhteiskuntaluokkiin lukeutuvien oikeudenmukaisia työmahdollisuuksia sekä yhteiskunnan sosiaalisia ja eettisiä kysymyksiä, *taloudellinen ulottuvuus* sen sijaan käsittää resurssien mahdollisimman tehokasta käyttöä.

Wilkin (1995, 7) kuvailee kestäväan kehityksen olevan:

- *Ekologisesti kestäväan kehitykseen* sisältyy muiden muassa luonnon monipuolisuuden säilyttäminen sekä ihmisten taloudellisten ja aineellisten toimintojen sopeuttaminen maapallon luonnonvarojen ja sietokykyyn nähden.
- *Yhteiskunnallisesti oikeudenmukaisessa kehityksessä* turvataan ihmisille tasavertaiset mahdollisuudet omien hyvinvointiensa hankkimiseksi sekä yhdenvertaiset osallistumisen- ja vastuunoton mahdollisuudet päätöksentekoon niin omassa maassa kuin maailmanyhteisössäkin.
- *Ihmisten henkisesti uudistuvaan kehitykseen* sisältyy mahdollisuus vapaaseen henkiseen toimintaan, eettiseen kasvuun sekä kulttuuriseen moninaisuuden säilyttämiseen ja kehittymiseen sukupolvista toisiin.

Lainisen ym. (2006, 5–6) mukaan kestävän kehityksen eri osa-alueita on määritelty vuoden 1998 Suomen kansallisen hallituksen kestävän kehityksen ohjelmassa (Valtioneuvosto 1998) seuraavin tavoin:

- *Ekologisesti kestäväään kehitykseen* sisältyy perusehto, jossa pohjana on luonnon monipuolisuuden säilyttäminen, ihmisten taloudellisten ja aineellisten toimintojen sopeuttamisen maapallon luonnonvarojen ja luonnon sietokyvyn kanssa. Varovaisuusperiaatetta noudattamista pidetään merkittävimpana asiana. Periaatteen mukaisesti ympäristöjen tilojen heikkenevyyttä rajoittavien toimien siirtämistä ei voida perustella kokonaisvaltaisten tieteellisten näyttöjen puuttumisilla. Saavuttaakseen ekologisen kestävyuden tarvitaan muiden muassa kuluttajien tottumuksia ja arvostuksia sekä elämäntapojen muutoksia, ympäristöystävällisempien tekniikoiden kehittämistä ja käyttöönottoa, ympäristöjä rasittavien tuotantotapojen muutoksia, ekotehokkuutta lisääviä tavaroita ja palveluita sekä uusiutuvia energianlähteitä.
- *Taloudellisesti kestävä kehitys*ä pidetään sisällöltään ja laatutasoltaan tasapainoisena kasvuna, jota ei voida perustaa pitkän aikavälin näkökulmasta velkaantumiseen eikä myöskään varantojen vähenemiseen. Taloudellisesti kestävä kehitys mahdollistaa vain ekologinen kestävä perusta. Sosiaalinen kestävyys ei ole myöskään mahdollista ilman vahvaa taloudellista kestävyyttä, koska se auttaa reagoimaan vastaantulevia haastetilanteita, kuten demografisesta muutoksesta aiheutuvia sosiaali- ja terveysalan kustannusten kasvua. Taloudellisen kestävyuden edellytys on kuitenkin, että tavaroita ja palveluita tarjotaan nykyistä ympäristöä vähemmän rasittaen ja energiaa sekä luonnonvaroja säästämällä. Tärkeänä voidaan pitää myös kuluttajatottumusten ohjaaminen ekologisesti kestäviin valintatottumuksiin, kuten energiaa ja ympäristö-ongelmia aiheuttavien toimintojen verotuksen lisäämisellä sekä yhdistämällä tuotantojen ja kulutusten elinkaarien ympäristölliset ja terveydelliset vaikutukset suoraan hintoihin.
- *Sosiaalisesti kestävä kehitys* perustana on turvata ihmisille yhdenmukaiset mahdollisuudet hyvinvoinnille, perusoikeuksille ja elämän perusedellytyksien hankkimiselle sekä mahdollisuuksille osallistua päätöksentekotilanteihin niin omassa maassaan kuin maailmanlaajuisestikin. Sosiaalisessa ja kulttuurisessa kestävyudessa keskeisintä on varmistaa hyvinvointien edellytysten siirtyminen sukupolvesta toiseen.
- *Kulttuurinen kestävä kehitys* perustuu muiden muassa kulttuurien moninaisuuden säilyttämiseen ja kulttuurien keskinäiseen vuorovaikutukseen ja sen edistämiseen. Keskeisintä on esimerkiksi alueellisten, paikallisten, ja kansallisten tapojen, arvojen, pe-

rinteiden ja vähemmistöryhmien kulttuurien jne. säilyttäminen. Kuitenkin globalisoituvan maailman elämää pidetään kulttuurisen kestävyuden haasteena, koska eri kulttuureilla on erilaiset vuorovaikutukselliset valmiudet ja arvot. Laininen ym. (2006, 5–6)

### 3.2 Julkiset hankinnat

Julkisen sektorin hankintoihin lukeutuvat muiden muassa kuntien ja liikelaitosten tavaroihin, palveluihin tai esimerkiksi rakennusurakoihin liittyvät hankinnat, jotka hankitaan omien organisaatioiden ulkopuolisilta toimijoilta jonkunlaista vastinetta vastaan. Jos julkisiin hankintoihin sisältyy kilpailulliset olosuhteet, niin hankintoja voidaan tehdä myös oman organisaation sisäpuolelta. Julkisissa hankinnoissa pitää noudattaa hankintalainsäädännön menettelytapoja (Kuusniemi-Laine & Takala 2007, 21). Hankinnan ala on määritelty laajasti. Se sisältää tavaroiden ostamisen, osamaksukaupan, leasingkaupan ja optiosopimukset, joilla varataan oikeus tavarankäyttöön. Tavarankäyttö sopimus voi myös koskea kokoamis- ja asennustyötä. Tavarankäyttö voi käsittää sekä tavarankäyttöä että palvelun ostamisen, kunhan palvelun arvo ei ylitä tavarankäyttöä (Kalima 2001, 60). Julkisia hankintoja voidaan toteuttaa monin eri tavoin, kuten julkisina, yksityisinä tai yhteistoimin julkisen ja yksityisen sektorin toteuttamina hankkeina yhteiskunnan tarpeisiin. Julkiset investoinnit voivat olla myös erityyppisiä ja niiden ajallinen kesto voi vaihdella huomattavastikin. Koivisto (2004, 4) kuvailee hankkeiden olevan 2010-luvulta lähtien useimmiten projektityyppisiä ja riippuen niiden laatutasoista sekä sektoreista, toteuttamisen prosessit voivat ulottua jopa 10 vuoden päähän.

Julkisten hankintojen oikeudelliseen sääntelyyn on sisällytetty niitä koskevat direktiivit, joita tulee noudattaa Euroopan unioniin kuuluvissa jäsenvaltioissa. Tällainen laajalle ulottuva velvollisuus avaa julkisille hankinnoille kilpailulliset olosuhteet, jotka nähdään tarpeellisenä Euroopan unionin sisämarkkinoiden markkinatalouden edistämiseksi. Historiallisesti nykyisen hankintasääntelyn juuret ovat 1960–1970-luvuilla komission antaessa julkisia hankintoja ja niiden vapauttamiseen liittyvän ehdotuksen, samalla hyväksyttiin myös hankintadirektiivit. Julkisia hankintoja koskevia säädöksiä on tämän jälkeen tarkistettu useasti vastaamaan tapahtunutta yhteiskunnallista kehitystä sekä kulloisenkin sisämarkkinapolitiikan ja yleisten harmonisointitavoitteiden mukaisia vaatimuksia. Tämän sääntelyn keskeisimmät tavoitteet liittyvät edellä mainitun markkinallisten olosuhteiden edistämisen lisäksi palveluiden ja tavaroiden tarjonnan sekä liikkumisen vapauttamiseen. EU:n tuomioistuin on oikeuskäytännössään konkretisoinut näitä tavoitteita toteuttamalla, että sääntelyn tarkoituksena on ollut tehdä mahdotto-

maksi kotimaisten tarjoajien suosiminen julkisia hankintoja koskevissa sopimuksissa sekä se, että julkinen taho toimisi tällaisissa tilanteissa muilla kuin liiketaloudellisilla perusteilla. (Kaarresalo 2007, 1–2)

Hankintasääntelyn muut merkittävät tavoitteet liittyvät muiden muassa julkisen sektorin rakenteellisen tehottomuuden poistamiseen sekä korruption estämiseen päätöksentekotilanteiden läpinäkyvyyden lisäämisen avulla. Tämän taustalla on julkisen sektorin luonnollisten kannustimien puute päätöksentekotilanteissa, toisin kuin yksityisen sektorin elinkeinotoiminnassa. Oman erityisongelmiaan julkisia hankintoja koskevalle sääntelylle voidaan katsoa myös tuoneen julkissektorin historiallisen painolastin, kun EU-integraatiota edeltäneissä kansallisvaltioissa julkisen varojen käytölle oli usein totuttu asettamaan kotimaisia toimijoita suosivia elinkeino- ja sosiaalipoliittisia tavoitteita. (Kaarresalo 2007, 2)

Hankintalain 5 §:n (1397/2016) mukaan hankintayksiköihin lukeutuvat seuraavat toimijat:

1. Valtion, kuntien ja kuntayhtymien viranomaiset
2. Evankelisluterilainen kirkko ja ortodoksinen kirkko sekä niiden seurakunnat ja muut viranomaiset
3. Valtion liikelaitokset
4. Julkisoikeudelliset laitokset
5. Mikä tahansa tekijä silloin, kun se on saanut hankinnan tekemistä varten tukea yli puolet hankinnan arvosta 1-4 kohdassa tarkoitetulta hankintayksiköltä

### **3.3 Investointien ominaispiirteet**

Investointina voidaan pitää käytännössä mitä tahansa merkittävää, pitempikestoista, tulevaisuuteen suuntautuvaa hanketta, joihin myös sisältyy merkittäviä riskejä (Matilainen 2010, 8). Myös Ikäheimon ym. (2016, 164–165) mukaan investoinnin ominaispiirteitä voidaan kuvata pitkänä ajallisena kestonä, laajoina vaikutuksina, suurina sitoutuneina pääomina ja epävarmuutena sekä investoinnit useimmiten muuttavat lopullisesti yrityksen toimintaa. Laajemmin avattuna em. ominaispiirteet ovat seuraavat:

1. *Pitkää ajallista kesto*a voidaan kuvata investointipäätöksentekona, joka sisällytetään kokonaisvaltaisesti yrityksen tai liiketoiminnan strategian toteutukseen. Investointien määrittelemien linjojen mukaan toteutetaan yrityksen valitsemaa strategiaa. Useilla

toimialoilla yksittäisen investoinnin vaikutukset ulottuvat yli viiden vuoden päähän, monesti jopa vuosikymmenten päähän (esim. metsäteollisuudessa).

2. *Laajoja vaikutuksia* voidaan kuvata yksittäisinä investointeina, jotka ratkaisevasti vaikuttavat investointien myöhempisiin vaiheisiin. Esimerkiksi toiminnanohjausjärjestelmän implementointi voi rajata tulevaisuuden investointimahdollisuuksia. Osa investointien vaikutuksista voi ulottua myös yksittäisten organisaatioiden ulkopuolelle, koska investoinnit voivat kytkeytyä myös laajemmin erillisiin yritystoimintoihin. Tällöin vaikutukset ulottuvat välillisesti myös erillisten yksiköiden toimintoihin ja siten yritysverkostoissa vaikutukset heijastuvat jopa yli yritysrajojen.
3. *Suurta sitoutunutta pääomaa* voidaan kuvata siten, että investoinneissa yleensä pääomaa sisältyy useisiin kohteisiin, kuten esimerkiksi laitteistoihin, varastoihin tai vaikka informaatioteknologiaan jne. Näihin kohteisiin sisältyvä pääoma vapautuu sitä mukaan, kun kyseessä oleva investointi tuottaa rahallista vastinetta eli kassavirtoja. Mikäli yrityksellä on rajoittuneet mahdollisuudet hankkia investoinneilleen rahoitusta, tehdyt investointipäätökset sulkevat pois muita, vaihtoehtoisia investointimahdollisuuksia.
4. *Epävarmuus* kuvastaa puolestaan investointien suuntautumista kauas tulevaisuuteen ja tulevat tapahtumat ovat yleensä aina enemmän tai vähemmän epävarmoja, joten investointien lopputulokseen liittyy epävarmuutta kuvaava riski. Useimmiten osa investoinnin lopputulokseen vaikuttavista menestystekijöistä on korostetusti epävarmempia investoinnin lopullisen onnistumisen suhteen kuin muut osatekijät. Osa näistä epävarmuustekijöistä on yrityksen ja sen johdon vaikutusmahdollisuuksien ulkopuolella kuten taloudelliset suhdanteet, ja osaan yritysjohto voi toimillaan vaikuttaa enemmän kuten tuotantoprosessien tehokkuus tai tuotteiden markkinointi. Näiden tekijöiden tarkempi analysointi ja pohdiskelu auttavat parhaan mahdollisen investointipäätöksen tekemisessä. (Ikäheimo ym. 2016, 164–165)

Investointeja voidaan tarkastella monesta näkökulmasta. Eri näkökulmat valottavat investointeihin liittyviä oleellisia piirteitä, jotka vaikuttavat niiden kassavirtojen suuruuteen ja epävarmuuteen ja siihen miten yrityksessä suhtaudutaan näihin kassavirtoihin. Investointeja voidaan luokitella niihin sisältyvien tehtävien mukaan yrityksessä (lähtökohtana Shapiro, 2005):

- *Lakisääteisiin ym. pakollisiin investointeihin* lukeutuvat yritykset ovat velvoitettuja toteuttamaan pakolliset investoinnit. Näitä ovat esimerkiksi turvallisuuteen ja ympäris-

tönsuojeluun liittyvät investoinnit. Ne voivat liittyä muuhun investointikokonaisuuteen tai ne voivat tulla lainsäädännön muutosten myötä erikseen toteutettavaksi.

- *Korvausinvestoinnit*; jo aiemmin tehtyjen investointien laitteisto, kalusto ym. kuluu ja jossain vaiheessa aiempi investointi täytyy korvata uudemmalla, jotta tuotanto voisi jatkua. Usein toimintaa kyetään tehostamaan korvaamalla vanha teknologia uudemmalla.
- *Kustannuksia säästävät investoinnit*; investoinnit toteutetaan, jotta kustannusrakennetta voidaan muuttaa yritykselle suotuisammaksi. Kustannussäästöjä voidaan saada korvaamalla henkilökuntaan sitoutunut työvaihe koneella tai aiempi vanhaan teknologiaan pohjautuva laitteisto uudemmalla ja kustannuksiltaan edullisemmalla laitteistolla. Lisäksi voidaan investoida halvemmän työvoiman maihin, jolloin säästöjä ei saada suoraan tehokkaammasta teknologiasta vaan alhaisemmista työvoimakustannuksista.
- *Nykyisten tuotteiden kysynnän kasvun tyydyttävät investoinnit*; nämä investoinnit tehdään, jotta nykyisten tuotteiden kasvanut kysyntä voitaisiin tyydyttää. Tuotannon laajennus voi johtaa nykyisillä markkinoilla kasvaneesta kysynnästä tai siitä, että siirrytään uusille markkinoille.
- *Investoinnit uusiin tuotteisiin*; uusien tuotteiden kehittäminen vaatii alkuvaiheessa erityisesti tutkimusta ja tuotekehittelyä ja myöhemmin investointeja tuotantokapasiteettiin sekä tuotteen menekin edistämiseen. Uudet tuotteet voivat myös korvata yrityksen aiempia tuotteita. (Lähtökohtana Shapiro, 2005)

Investointeja jaetaan myös niiden ohjaustasojen kautta (Kasanen ym., 1993):

- *Operatiivisiin investointeihin* lukeutuvat tämän hetkistä toimintaa tehostavat ja strategian mukaiset investoinnit.
- *Strategiset investoinnit*; luovat uusia toimintaedellytyksiä ja niitä koskevat päätökset tehdään pääsääntöisesti yrityksen ylimmässä johdossa. Strategiset investoinnit vaikuttavat yrityksen toiminnallisiin painotuksiin ja muuttavat nykyisen toiminnan rajoja.
- *Aineelliset investoinnit*; kohdistuvat esimerkiksi kiinteistöihin, koneisiin tai laitteistoihin. Kyseiset investoinnit poikkeuksetta aktivoidaan yrityksen taseeseen ja poistetaan vaikutusaikanaan.
- *Aineettomia investointeja*; ovat esimerkiksi patentit, tutkimus- ja tuotekehityshankkeet, ohjelmistokehitystyöt ja toiminnanohjausjärjestelmät. Nämä investoinnit pääsääntöisesti kirjataan välittömästi tulosvaikutteisesti kuluksi, ellei niitä ole hankittu yrityskokonaisuuden ulkopuolelta.

### 3.4 Investointilaskelmat päätöksenteon työkaluna

Investointilaskelmia voidaan käyttää monissa vaihtelevissa päätöksentekotilanteissa. Tyypilliset esimerkit liittyen investointilaskelmien käyttöön on tavara- tai koneinvestoinnit ja niiden taloudellisen kannattavuuden arvioinnit. Myös muissa tilanteissa investointilaskentaan koskevia periaatteita pystytään hyödyntämään. Näissä tilanteissa ei kuitenkaan aina välittömästi huomata olevan erilaisia vaihtoehtoja, joissa voitaisiin hyödyntää investointien päätöksentekotilanteisiin suositeltavia investointilaskelmien arviointimalleja. Päätöksentekotilanteet jaotellaan Ikäheimon ym. (2016, 167) mukaan seuraavasti:

- *Yksittäisen investoinnin arviointi*; arvioidaan yksittäisen investoinnin toteuttamisen mielekkyyttä, jossa keskeisimpänä on tunnistaa investoinnin onnistumiseen vaikuttavat tekijät.
- *Toiset poissulkevissa investointien vertailussa*; vertaillaan monia investointivaihtoehtoja ja niistä koetetaan valita paras. Keskeisimpänä on vaihtoehtoisten investointien erottavien tekijöiden tunnistaminen.
- *Ostossa tai itse valmistamisessa*; arvioidaan ulkopuolista palvelua tai tuotantoa ja verrataan sitä oman tuotannon tai investointiin. Keskeisimpänä on tunnistaa ulkopuoliset ja omat toimintatavat ja vertailla niitä toisiinsa.

#### 3.4.1 Investointilaskelmien keskeisimmät komponentit

Investointilaskelmissa vaikuttavien tekijöiden arviointi ja tunnistaminen on tärkeässä asemassa, kun investoinnin tarpeellisuutta arvioidaan ja/tai useampien investointivaihtoehtojen merkittävyyttä vertaillaan toisiinsa. Keskeisimpinä investointilaskelmien osatekijöinä pidetään Ikäheimon ym. (2016, 170) mukaan seuraavia:

- hankintamenot
- nettokäyttöpääomat
- vuotuiset nettokassavirrat
- jäännösarvot
- laskentakorkokannat
- kassavirtoihin liittyvät epävarmuudet.

On huomioitava, että laskelmien osatekijöissä ei ole mukana muiden muassa poistoja sekä muita tuloslaskelmaan sisältyviä eriä, jotka suoranaisesti eivät vaikuta rahavirtoihin. Syynä tähän on se, että investointilaskelmien kannattavuutta arvioidessa vain rahavirrat ovat merkityksellisiä. Poistojen vaikutus huomioidaan investointilaskelmissa ainoastaan, jos yrityksen maksamat verot otetaan laskelmassa huomioon. (Ikäheimo ym. 2016, 170)

*Hankintameno* tarkoittaa investoinnista aiheutunutta rahallista uhrausta, jonka yritys tekee rahavirtojen aikaansaamiseksi. Tällainen meno voi toteutua erilaisista eristä, kuten laitteistojen hankkimisesta, kiinteistöjen rakentamisesta tai vaikka markkinatutkimuksesta jne. Hankintamenon laajuuden hahmottaminen on erittäin tärkeää ja samalla pitää olla myös selvillä mitä menoeriä voisi jäädä toteutumatta, jos kyseinen investointi jätettäisiin kokonaan tekemättä. Siten investointipäätöksenteossa pyritään tunnistamaan erilliskustannukset. Hankintamenoon sitoutunut pääoma osallistuu kassan maksujen aikaansaamiseen pitkän aikaa. Ajan myötä investoinnin arvo alenee ja usein myös tuotantokyky heikkenee. Yritysten tilinpäätöksissä tätä tuotantoon osallistumista ja arvonalentamista kuvaa likimääräiset suunnitelman mukaiset poistot. (Ikäheimo ym. 2016, 170)

*Nettokäyttöpääomalla* tarkoitetaan toteutettavan investoinnin aiheuttamia muutoksia kassassa, varastoissa, ostoveloissa ja myyntisaatavissa. Toisin kuin varsinainen hankintameno, nettokäyttöpääoma sisältyy investointiin koko sen toteutuksen ajanjakson. Syynä tähän on, että toiminnan käynnistyttyä tulee varastossa olla raaka-aineita ja muita materiaaleja enemmän kuin ennen investointia. *Vuotuiset nettokassavirrat* eli kassatulot ja kassamenot toteutuvat investoinnin varsinaisen tuotantovaiheen kassavirroista. *Investointiin liittyvällä pitoajalla* voidaan kuvata sitä ajanjaksoa, jolloin investoinnista arvioidaan syntyvän vuotuisia nettotuotoja. Investoinnin pitoaikaan voivat vaikuttaa erilaiset asiat, kuten laitteistojen fyysiset iät, jotka vastaavasti rajoittavat pitoaikaan laitteistossa tapahtuvan kulumisen takia. Kulumisen lisääntyminen vaatii kasvavassa määrin korjausta ja huoltoa, aiheuttaen samaan aikaan tuotannon katkoksia ja siten myös epävarmuuden kasvua. Teknisellä pitoajalla viitataan esimerkiksi siihen, että kuinka pitkään laitteistojen oletetaan teknisesti olevan riittävän moderneja tuotantotoiminnassa. Investoinnin taloudellinen ikä tarkoittaa sitä aikaa, joka arvioiden mukaan näyttäisi olevan investoinnin taloudellisesti kannattavin toiminta-aika. (Ikäheimo ym. 2016, 171–172)

*Jäännösarvona* pidetään investointiin liittyvän hankintamenon osuutena, joka jää viimeisenä jäljelle täysin palvelleen investoinnin jälkeen. Investoinnin aloituksesta on voinut kulua jopa



vuosikymmeniä, kunnes investoinnin toiminta loppuu. Tätä päätösarvoa kutsutaan joskus myös romutusarvona. Jäännösarvon hankalan arvioimisen vuoksi sen oletetaan olevan arvoton ja se voi joskus olla myös negatiivinen. Esimerkiksi ongelmajätteiden tapauksessa, investointi voi mahdollisesti aiheuttaa kustannuksia kierrätysmaksuihin tai saastuneiden maa-alueiden puhdistuskuluihin. On huomattava, että investoinnin päätyttyä myös nettokäyttöpääoma vapautuu. *Laskentakorkokanta* on rahan aika-arvo, jonka avulla investointiin kuuluvia rahavirtoja siirretään ajasta toiseen. Ajallisista siirtämisistä pidetään välttämättömänä, koska investointipäätöksiä arvioitaessa on tarkoitus saada kaikki rahavirrat vertailukelpoisiksi toistensa kanssa. Nykyisellä hetkellä saatavaa rahavirtaa pidetään aina arvokkaampana tulevaisuudessa saatavaan samansuuruiseen rahavirtaan verrattuna. Diskonttaamisesta on kyse, kun rahavirtoja siirretään tulevaisuudesta tarkasteluhetkeen. (Ikäheimo ym. 2016, 172)

Teoreettisesta näkökulmasta katsottuna diskonttaamisesta on hyötyä eritoten kahdesta erisyystä. Yhtäältä rahaa on mahdollista sijoittaa johonkin toiseen kohteeseen, toisaalta vastapuoli haluaa korvausta menetyksestä, hänen siirtäessä kulutustaan nykyisestä ajankohdasta tulevaisuuteen. Jos tulevaisuudessa tuottoon sisältyy *epävarmuutta*, usein vaaditaan myös korvausta kyseisen riskin ottamisesta. Näin ollen suurempia epävarmuustekijöitä sisältävien investointikohteiden tuottovaatimuksen olisi syytä olla korkeampi. Eli investointien tuottovaatimukseen vaikuttaa rahan aika-arvo ilman riskiä sekä korvaus riskin kantamisesta. Kassavirtojen epävarmuus voidaan ottaa huomioon muutenkin kuin pääomaan tuottovaatimuksessa. Itse laskelmissa voidaan tehdä herkkyysanalyysiä muuttamalla jonkun tekijän (kassavirtojen, pitoajan, hankintamenon jne.) arvoa ja tarkastella, miten muutokset vaikuttavat investoinnista saatavaan hyötyyn. (Ikäheimo ym. 2016, 172–173)

### 3.5 Kustannuslaskenta ja laskentatoimen ongelmat

Kustannuslaskennassa ja yleensäkin laskentatoimen laskelmiin voi kohdistua erilaisia ongelmatilanteita, rajoitteita tai oletuksia. Investointien päätöksentekotilanteilla on useimmiten vaikutuksia niihin tapoihin, miten investointien arviointia on mahdollista tehdä. Joskus päätöksentekotilanteiden asetelmat voivat olla erittäin hankalia. Esimerkiksi informaatiojärjestelmän käyttöönoton ja sen taloudellisten hyötyjen arvioiminen voi osoittautua haasteelliseksi, koska arvioinnissa pitäisi huomioida hyvin vaikeasti hahmotettavia osatekijöitä, jotka useimmiten jäävät laskelmien ulkopuolisiksi harkintaa vaativiksi tekijöiksi. Joitakin keskeisimpiä osatekijöitä pystytään parhaimmassakin tapauksessa ainoastaan listaamaan, kuten liiketoimintaa korottavat tekijät. Joskus taas tekijät pystytään arvioimaan aivan täsmällisesti, kuten kus-

tannussäästöt. Laskentainformaatiolla on erityinen rooli, kun arvioidaan investointivaihtoehtoja, seurataan investoinnin toteuttamista ja kun jälkikäteen arvioidaan investoinnin onnistumista. (Ikäheimo ym. 2016, 167)

Kuitenkaan laskentainformaatio ei ole ainoa informaation lähde. Toimijoilla on myös muita merkittäviä tietolähteitä käytettävissään ja on asioita, joita ei voi sellaisenaan muuttaa rahamääräiseen muotoon. Laskentainformaatio antaa taloudellisen näkökulman päätöksentekijälle ja auttaa häntä keskittymään oleelliseen. Siten laskentatoimi luo näkyvyyttä keskeisille asioille. Tosin on huomattava, että samalla se jättää monet asiat näkymättömiin. Esimerkiksi ympäristövaikutukset, vaikutukset henkilökunnan viihtyvyyteen sekä työllisyysvaikutukset jäävät tyypillisesti laskentatoimen näkymien ulkopuolelle. Nämä ns. harkinnanvaraiset seikat otetaan usein mukaan investointien arviointiin laskelmien ulkopuolelta. Siten päätöksiä ei tehdä yksisilmäisesti laskennalla, vaan laskelmat ovat vain päätöksenteon tukena. (Ikäheimo ym. 2016, 167–168)

Laskentatoimen ja yleensäkin laskentateoreettiset ongelmat kestävät hyvin aikaa. Koivisto (2014, 26) kertookin tutkimuksessaan Pitkäsen (1987, 64) kuvailleen jo kauan sitten laskentateoreettisten ongelmien olevan ”ajattomia”. Näin ollen menetelmien ja painopisteen muuttuminen tulevat mahdollisesti kyseeseen. Kustannus-hyötyanalyysissä pidetään ongelmien lähestymistapaa useimmiten erilaisena liiketaloudelliseen ajatteluun verrattuna. Syynä tähän on menetelmän yhteiskunnallinen tarkoitus. Kuitenkin yksityisen ja julkisen sektorin laskentatoimen ongelmat ovat yhteisiä.

Myöhemmin myös Vakkuri ym. (2011, 107–109) ovat avanneet laskentatoimen erilaisia ongelmia. Heidän mukaan laskentatoimen tematiikassa laskentatoimeen liittyvät perusongelmat jakautuvat laajuus-, arvostus-, mittaamis- ja kohdistamisongelmiin. Kustannuslaskennan ja sen laskelmien toteuttaminen päätöksentekotilanteiden tueksi sisältää edellä mainittujen ongelmien ratkaisua ja arviointia. Laskentatoimen perusongelmat tarkemmin avattuna ovat seuraavat:

- *Laajuusongelmassa* harkitaan mitä kustannuksia halutaan sisällyttää laskelmaan ja mitkä vastaavasti halutaan jättää ulkopuolelle, jotta laskelmaa voitaisiin hyödyntää mahdollisimman tehokkaasti päätöksenteon tukena. Yksi keskeisimmistä asioista on harkita, mistä näkökulmasta ja kenelle aiheutuneet kustannukset sekä hyödyt laskelmissa sisällytetään.

- *Arvostusongelmassa* määritellään esimerkiksi kustannuslaskennassa käytettävät yksikköhinnat. Käyttöomaisuutta ja poistolaskentaa voidaan käyttää konkreettisina esimerkkeinä. Kirjanpidossa poistoja käsitellään kirjanpitolakia noudattaen, jossa oletetaan toteutuneiden hankintamenojen rahanarvojen pysyvän vakaana. Pitkillä poist ajoilla, kuten rakennuksissa vuosikymmeniä, rahan arvojen muutokset voivat muodostua hyvinkin suuriksi.
- *Mittaamisongelmalla* kuvataan esimerkiksi erilaisten tuotannontekijöiden käyttöön liittyvien määrien sekä suoritteiden määrien mittaussvaikeutta, toisin sanoen mittausteknisiä vaikeuksia. Joskus mittaaminen on hyvinkin toteutettavissa, kuitenkin se voisi edellyttää liian suurta ajallista panostusta ja kustannuksia. Poutilaskentaa voidaan hyödyntää myös mittaamisongelman esimerkkinä. Jossain tapauksissa pitkävaikutteisen tekijän kulumista ei ole teknisesti mahdollista mitata, joten erilaiset poistolaskelmat pitävät sisällään sovittuja keskimääräisiä pitoaikoja ja etu- tai takapainoisia tai tasapoistomalleja.
- *Kohdistamisongelmia* muodostuu, kun osaa kustannuksista osoitetaan sekä erilaisille ajanjaksoille, jolloin puhutaan jaksottamisongelmasta ja että erilaisille laskentakohteille eli yksiköille. Kohdistamista tehdään joko aiheuttamisperiaatteen pohjalta tai tiedossa olevilla jakoperusteilla eli allokoiden. Aiheuttamisperiaatteen käyttämisestä pidetään teoreettisesti hyödyllisenä ratkaisuna, mutta välillä sen käyttäminen voi aiheuttaa merkittäviä mittaamisongelmia. (Vakkuri ym. 2011, 107–109)

Keskeinen laskennan elementti on laskentatilanteen määrittely. Kustannuslaskennan laskelmissa olisi syytä aina muistaa, että erilaiset kustannukset huomioidaan erilaisissa tarkoituksissa. Tämä tarkoittaa relevanttien kustannusten käsitettä eli erilaisissa laskenta- ja päätöksentekotilanteiden erilaiset kustannuskäsitteet sekä erilaisin perustein toteutetut kustannuslaskelmat ovat näin ollen relevantteja. Esimerkiksi kilpailullisten toimintamallien käyttöönoton taloudellisuuden arvioinnissa tai vastaavasti kunnallisiin palveluihin liittyvässä kilpailuttamisessa on päätöksentekotilanteen pohjaksi toteuttava laskelmat sisällytettynä relevanteilla kustannuksilla. Lisäksi on hyvä muistaa, että päätöksentekotilanteet koskevat tulevaisuutta, joten kirjanpito- ja kustannustiedot eivät suoraan tarjoa valmiita ratkaisuja. (Vakkuri ym. 2011, 109)

Investointilaskelmissa todellisuutta yksinkertaistetaan usein myös monilta muilta osin: yksittäisen investoinnin vaihtoehtona on nykyhetken jatkuminen sellaisenaan, tulevat kassavirrat perustuvat vakiohintoihin ja kustannuksiin, eli inflaatiota ei ole; tulevat kassavirrat ovat tun-

nettuja, eli epävarmuutta ei kassavirroissa ei huomioida tai verot jätetään huomioimatta. Tällaisia oletuksia tehdään, jotta laskeminen olisi helpompaa ja kokonaisuudesta saataisiin edes jonkinlainen kuva taloudellisesta näkökulmasta. Edellä mainitut tekijät otetaan erityisesti niissä tapauksissa mukaan laskelmiin, jos investointivaihtoehdot poikkeavat juuri näiden tekijöiden osalta toisistaan. (Ikäheimo ym. 2016, 168)

### 3.6 Kustannus-hyötyanalyysi

Kustannus-hyötyanalyysi (KHA) vaikuttaa periaatteessa suoraviivaiselta tehtävältä. Turku-Pietari-moottoritien, Vuosaaren sataman tai minkä tahansa muun *investointihankkeen* toteuttaminen voidaan nähdä muutoksena siihen talouden tilaan, jossa hanketta ei ole toteutettu. Jotta saataisiin selville, onko hankkeen toteuttaminen haluttavaa, on pystyttävä arvioimaan hankkeen toteuttamisen ja toteuttamatta jättämisen tärkeimmät vaikutukset. Jos kaikkien kansalaisten tilanne olisi paremmassa tilanteessa, jossa hanke toteutetaan, kuin tilanteessa, jossa sitä ei toteuteta, individuaalisen yhteiskunnan hyvinvointikriteerin perusteella hanke olisi toteutettava. Jos taas hankkeen toteuttaminen tekee kaikkien tilanteen huonommaksi verrattuna hankkeen toteuttamatta jättämiseen, samoin perustein ei hankkeeseen tulisi ryhtyä. Jos jotkut hyöttyvät hankkeesta ja jotkut kärsivät, hankkeen toteuttamisen ratkaisee se, miten voittajia ja häviäjiä painotetaan yhteiskunnan hyvinvointiarviossa. (Tuomala 2009, 133)

Edellä mainittu menettely projektien arvioimiseksi on kaikin puolin oikea. Se ei kuitenkaan ole kovin hyödyllinen käytäntöön sovellettuna. Menettely vaatii suunnattomasti informaatiota. Hyvinvointiteoria tarjoaa kuitenkin perustan KHA:lle, joka on hyvä ymmärtää joukkona käytännön menettelytapoja julkisten hankkeiden ohjenuorina. Kustannus-hyötyanalyysin käyttöala on myös ymmärtää laajemmin. Se ei koske pelkästään konkreettisia tie- ja siltahankkeita. Sitä voi käyttää mihin tahansa julkisiin ohjelmiin, esimerkiksi sosiaaliturvan, terveydenhoidon ja koulutuksen uudistusehdotusten punnitsemiseen. (Tuomala 2009, 133)

Kustannus-hyötyanalyysiä pidetään olennaisena työkaluna erilaisten hankkeiden kustannusten ja hyötyjen arvioimisessa. Kuitenkin sen ensisijainen tavoite on määrittää kaikkien mahdollisten vaikutusten rahallinen eli numeerinen arvo, jonka jälkeen saadaan analysoitua hankkeeseen liittyvät sekä kustannukset että hyödyt. Lopuksi tulokset kootaan ja päätetään kannattaako hankkeeseen ryhtyä vai ei. Kustannuksia ja hyötyjä tulisi arvioida lisäkustannusten ja mahdollisten lisähyötyjen perusteella sekä tarkastella kahden erilaisen skenaarion eroja, joista toiseen on otettu hanke mukaan ja toiseen ei. Käytännössä kustannus-hyötyanalyysillä analy-

soidaan kaikki mahdolliset vaikutukset, kuten rahoitus, taloudellisuus, sosiaalisuus ja ympäristöystävällisyys, mutta vaikutuksia arvioidaan ja verrataan aiemmin määritettyjä tavoitteita vastaan. Hankkeita voidaan arvioida esimerkiksi mikrotaloudellisilla indikaattoreilla, silloin kustannus-hyötyanalyysillä on mahdollista arvioida kyseisen hankkeen soveltuvuutta laajempien makrotaloudellisten tavoitteiden kautta. Aluepolitiikassa hyödynnetään kustannus-hyötyanalyysiä arvioitaessa investointihankkeiden soveltuvuuksia suhteessa EU:n aluepolitiisiin tavoitteisiin. (EU:n komissio 2006, 4)

Hankkeiden mahdollisiin vaikutusten arviointeihin sisältyy käytännössä aina erilaisia epävarmuustekijöitä. Nämä tekijät on huomioitava asianmukaisesti kustannus-hyötyanalyysissä. Kokonaisvaltaisen analyysin olennaiseen osuuteen lukeutuu riskinarviointi ja sen avulla hankkeesta saadaan vahvempi käsitys arvioiduista vaikutusten muutoksista, jos osa hankkeen keskeisistä muuttujista onkin erilainen suhteessa odotuksiin. Kattava riskianalyysi on terveen riskinhallintastrategian perusta ja se vaikuttaa siihen, minkälaiseksi hanke aiotaan lopulta suunnitella. (EU:n komissio 2006, 4)

Julkisen sektorin kustannus-hyötyanalyysi ja yksityisen sektorin investointianalyysi muistuttavat toisiaan muodollisesti. Edellinen on kuitenkin hankalampi toteuttaa kuin jälkimmäinen. Eron aiheuttaa ennen muuta se, että markkinoiden epäonnistumisen vuoksi markkinahinnat eivät heijasta todellisia yhteiskunnallisia rajakustannuksia. Tämän yksityinen sektori tyypillisesti jättää huomiotta, mutta julkinen sektori ei voi näin tehdä. Nykyisillä ja tulevilla hinnoilla ja koroilla tehtävät voitolaskelmat, joita käytetään yksityisen sektorin investointianalyysissä, eivät voi olla perustana julkisen sektorin investointien arvioimiselle. Voittoa ei pidetä yleisesti sopivana investointikriteerinä, kun valitaan eri vaihtoehtoja julkisista hankkeista. Edellä todettiin, että julkisen sektorin hankkeissa ei tyydytä ainoastaan voittokriteeriin, joka vastaavasti usein on riittävää yksityisissä hankkeissa. Julkisen sektorin hankkeilla on useimmiten laajalaisempia vaikutuksia yhteiskunnalliseen talouteen. Voidaan ajatella, että juuri siksi nämä hankkeet ovat julkisia hankkeita. Esimerkkeinä voidaan mainita allas- tai patohankkeet ja moottoriteiden rakentaminen. (Tuomala 2009, 133, 137)

Hyvän projektin yhtenä tunnusmerkkinä on kustannustehokkuus. Kustannustehokkuutta ei ole kuitenkaan kaikissa virallisissa asiakirjoissa sen yksityiskohtaisemmin määritelty. Kustannustehokkuuden käsitettä voidaan lähestyä kustannushyödyn (Cost-Benefit) ja kustannusvaikutavuuden (Cost-Effectiveness) näkökulmista. Kustannus-hyötyanalyysissä raha on keskeinen

tarkasteltava mittari. Kustannusvaikuttavuudessa vaikutukset esitetään jossain muussa muodossa kuin rahassa. (Aro ym. 2007, 68)

### 3.6.1 Ongelmia ja muita näkökulmia kustannus-hyötyanalyysille

Valtonen (1987, 79) lainaa Squiren ja Van der Takin (1975, 4; 15–16) alun perin kuvailemaa kustannus-hyötyanalyysin ongelmaa seuraavasti:

*”Kaikkien maiden kohtaama perusongelma on rajoitettujen resurssien allokointi erilaisten käyttöjen välillä siten, että yhteiskunnan saama nettohyöty on mahdollisimman suuri. Eri projektien ansioiden arvioinnissa kunkin erityisten yhteiskunnan tavoitteet on otettava huomioon. Tämä tarkoittaa sitä, että projektien kustannukset ja hyödyt on mitattava sen mukaan miten ne vaikuttavat ko. yhteiskunnan tavoitteiden saavuttamiseen. Hyödyt määritellään suhteessa perustavoitteisiin; kustannukset määritellään suhteessa vaihtoehtoiskustannuksiin, jotka ovat parhaan toteuttamatta jääneen vaihtoehdoisen resurssien käytön saamatta jääneet hyödyt. Menetetty hyödyt taas määritellään suhteessa perustavoitteisiin*

Projektin hyödyistä ja kustannuksista on harvoin täysin varmaa tietoa. Kaikkien vaikutusten tuntemisen tekee epävarmaksi jo se, että monilla hankkeilla on pitkäaikaisia vaikutuksia. Esimerkiksi tiedot ilmastonmuutoksesta ja monista muista ekologisista vaikutuksista on vielä hyvin epävarmaa. Voidaan erotella kahdenlaisia tilanteita. Ensimmäiseen tilanteeseen liittyy riskejä. Tulevaisuuden hyötyjä ja kustannuksia sekä riskejä ei tiedetä varmasti, siltikin pystytään arvioimaan vaihtoehtoisten tulevien todennäköisyyksiä. Näin riski määritellään tilanteeksi, jossa todennäköisyysjakauma on tunnistettu. Toisessa tilanteessa tunnistetaan mahdolliset vaihtoehdot ilman todennäköisyyksiä. Ilman todennäköisyyden tunnistettavuutta selvien päätössääntöjen antaminen investoinneille ei ole mahdollista. Yhtenä ratkaisuna voidaan olettaa tiettyjen todennäköisyyksien *a priori*, jolloin oletetaan huonoimman skenaarion toteutuminen. Silloin maksimoidaan huonointa vaihtoehtoa, jota kutsutaan niin sanotuksi maximin-strategiaksi. Todennäköisyydet on ehkä johdettu aiemmista kokemuksista tai tapahtumista, joka liittyy objektiiviseen todennäköisyyteen. Vastaavasti subjektiiviset todennäköisyydet liittyvät asiantuntijoilta peräisin oleviin arvioihin. Useimmiten tyydytään kahden edellä mainitun todennäköisyyden yhdistämiseen. (Tuomala 2009, 146)

## 4 SÄHKÖBUSSIEN HANKINTA TAMPEREELLE

Lähivuosina Tampereen joukkoliikenteessä tapahtuu suuria muutoksia. Osa muutoksista näkyy jo katukuvassa ja vaikuttaa arkeen. Ympäristökysymykset, digitalisaatio ja maailmanlaajuinen kaupungistumistrendi luovat taustan, joka vaikuttaa merkittävästi myös Tampereen seudun joukkoliikenteen suunnitteluun ja kehittämiseen. Liikenne on yksi keskeinen ilman saastumiseen ja kasvihuonekaasupäästöihin vaikuttava tekijä. Siksi liikennesuunnittelussa painotetaan kestäviä liikkumismuotoja. Joukkoliikenne on näistä keskeisin. Tampereen seudulla bussit ovat perinteisesti muodostaneet joukkoliikenteen rungon – ja niin on edelleen. Vuonna 2021 liikennöinnin aloittava raitiotie tulee olemaan joukkoliikenteen selkäranka seuraavina vuosikymmeninä, mutta bussit säilyvät katukuvassa senkin jälkeen. Laajentuessaankin ratikka saavuttaa vain osan tamperelaisista. Tampereen pormestariohjelmaan on kirjattu tavoite, jonka mukaan kaupungin tulisi olla hiilineutraali vuoteen 2030 mennessä. Tämä tulee erityisesti 2020-luvulla ohjaamaan myös niitä vaatimuksia, joita asetetaan seudun joukkoliikenteen kalustohankinnoille. Esimerkiksi sähköbussien määrä lisääntynee merkittävästi. (Jäntti 2017, 3)

Kuten aiemmin tässä tutkimuksessa on tullut mainittua, niin Tampereen tähtäimenä on sähköisessä liikenteessä valtakunnallinen suunnannäyttäjän roolimalli 2025-lukuun mennessä (Tampereen kaupunki 2014). Tampereen kaupunki on ottanut merkittäviä askeleita sähköbusiliikenteessä ja muissa sähköistä liikennettä edistävissä innovaatioissa, jotka sisältyvät myös sähköisen liikenteen ratkaisut -projektiin. Tähän hankkeeseen sisältyy muiden muassa yhden bussilinjan sähköistämiseen liittyvät valmistelut. Rahoitusta kyseinen projekti on saanut Tekesin Huippuostajat – ohjelman kautta. (Kotakorpi & Siikasmaa 2016, 4)



Kuvio 1. Sähköbussi Tampereella (Solaris Bus & Coach S.A. 2017)

Hankintalainsäädännössä hankinnoilla tarkoitetaan ensisijaisesti joko tavaroiden tai palveluiden ostoa, vuokrausta tai vuokraukseen yhdenmukaistettavaa toimintaa, kuten leasing- tai osamaksukauppaa sekä rakennusurakoiden hankkimista. Hankinnan määritelmä on laaja. (Kuusniemi-Laine & Takala 2007, 46)

#### **4.1 Sähköbussin operointi – Linja 2**

Tampereen kaupungin joukkoliikenteen sähköistäminen aloitettiin joulukuussa 2016 linjalta 2 (Pyynikintori-Rauhaniemi), johon on hankittu neljä täyssähköbussia sekä yksi pikalatauslaite Pyynikintorin pääte pysäkille (kuvio 2). Latauslaitteella tehoa on noin 300 kW. Lisäksi Nekan bussivarikolle on hankittu neljä latauslaitetta, jotta busseja voidaan ladata yöaikaan. Sähköistäminen aloitettiin käyttöönottamalla ensin yksi sähköbusseista ja vähitellen myös vuoden 2017 alkupuolella liikenteeseen lisättiin loput kolme sähköbussia. Pituutta sähköistetyllä linjalla 2 on suurin piirtein 5 kilometriä. (Lehtinen & Kanerva 2017, 16)





Kuvio 2. Pyynikintorin pikalatausasema ja sen vaatima infrastruktuuri (Lehtinen & Kanerva 2017, 17)

Sähköisen liikenteen vuoksi linjalle 2 on pitänyt tehdä joitakin muutoksia. Aiemmin linjalla operoi vain kolme dieselbussia, mutta sähköbussieihin siirtymisen myötä linjan kalustokiertoa korotettiin yhdellä lisäbussilla. Tämän johdosta sähköbussien kääntö- ja latausaikaa on saatu pidennettyä ja linjan vuoroväliä tihennettyä. Tampereen joukkoliikenteen linja 2 on mitoitettu keskimääräisen noin neljän minuutin latausajan mukaisesti. Sähköistetty linja 2 toimii sähköbussijärjestelmän ja – kaluston testausalustana. Hankkeen kautta toivotaan saavan riittäviä valmiuksia sähköbussiliikenteen merkittävään laajennukseen tulevaisuudessa. Päätökset muiden joukkoliikenteen linjojen sähköistämisestä tullaan tekemään linja 2 kokeilun jälkeen. Sitten Tampereella ei vielä ole päätettyjä strategioita sähköbussijärjestelmän laajennuksista. Jos kokemukset tulevat olemaan positiivisia, niin tavoitteena on sähköbussijärjestelmien huomattava laajennus tulevaisuudessa. Rakenteilla olevan raitiotien liityntälinjastot ovat muiden muassa suunniteltu operoitavan sähköbusseilla. (Lehtinen & Kanerva 2017, 17)

## 4.2 Sähköbussien nykytilanne Suomessa

Tällä hetkellä sähköbussiliikenne operoi Helsingin seudun joukkoliikenteen (HSL) alueella Helsingissä ja Espoossa sekä Turussa ja Tampereella. Nykytila sähköbussiliikenteessä on esitetty tässä luvussa mainituilla suomalaisilla kaupunkiseuduilla. Työ- ja elinkeinoministeriö myönsi Suomessa energiatukea liittyen sähköbussi- ja latausinfrastruktuurihankintoihin sekä

HSL-seudulla että Turussa ja Tampereellekin. Vuonna 2016 annettiin energiatukea 5,3 miljoonaa euroa sähköbussihankkeisiin. Hankkeissa Turun, Tampereen ja Espoon kaupungit yhteistyössä HSL:n kanssa ovat hankkineet kokonaisuudessaan 22 sähköbussia sekä 34 latauslaitetta (pika- ja varikkolatauslaitteistot). Tampere sai työ- ja elinkeinoministeriöltä energiatukea sähköbussijärjestelmän hankkimiseksi 812 000 euroa. Energiatuen määrä on suurin piirtein 30 prosenttia hankinnan kokonaisarvosta. Lisäksi työ- ja elinkeinoministeriö antoi energiatukea Turulle kuuden sähköbussin ja latauslaitteiden sekä HSL:lle 12 sähköbussin hankkimiseksi. Kokonaisuudessaan Turun sähköbussijärjestelmän hankintojen arvo on suurin piirtein 3,8 miljoonaa euroa, kuitenkin energiatuen määrästä ei ole sen tarkempaa tietoa. (Lehtinen & Kanerva 2017, 13)

Työ- ja elinkeinoministeriöllä on mahdollisuus hankekohtaista harkintaa käyttäen myöntää kunnille ja yrityksille sekä muille tahoille energiatukea investointi- ja selvityshankkeita varten, jotka muiden muassa edistävät uusiutuvia energian käyttömahdollisuuksia tai tehostavat energiansäästöä, energian tuotantoa tai käyttöä ja vähentävät energian tuotantoa tai käyttöä ympäristölle. Vuosien 2016–2018 aikana uusiutuvien energioiden ja uusien teknologioiden investointeihin osoitetaan kokonaisuudessaan 100 miljoonaa euroa energiatukea. (Lehtinen & Kanerva 2017, 13)

## **Helsinki ja Espoo**

HSL:n tavoite on sähköbussien kappalemäärien voimakas kasvu pääkaupunkiseudun tulevaisuuden liikenteessä. HSL:n strategian mukaisesti joukkoliikenteestä aiheutuvia päästöjä on tarkoitus saada vähennettyä yli 90 prosenttia sekä ongelmallisten lähipäästöjen että hiilidioksidipäästöjen osilta 2025-lukuun mennessä vuoden 2010 päästötasoihin verrattuna. HSL on asettanut tavoitteeksi, että HSL:n joukkoliikenteen alueella operoi vuonna 2025 suurin piirtein 400 täyssähköbussia, joka on 30 prosenttia HSL:n bussikalustosta. Näiden lisäksi liikenteessä operoi suurin piirtein 250 hybridi- tai plug-in-hybridibussia. Espoon ja HSL:n yhteisenä tavoitteena on, että 2025-lukuun mennessä Espoon kaupunkiradan ja metron yhdistymisliikenne operoidaan sähköbusseilla. (Lehtinen & Kanerva 2017, 16)

Espoon kaupunki on ollut vuoden 2012 syksystä alkaen sähköbussiliikenteen testikenttänä kansallisen tason eBus-hankkeessa, jossa on tutkittu sähköbussien sopivuutta Skandinaavissa ja erityisesti Suomen talviolosuhteissa. Espoon kaupungin linjalla 11 (Tapionaukio-Friisilänaukio) on operoinut vuodesta 2012 alkaen viiden eri kalustovalmistajan sähköbussit.

Espoossa operoineet sähköbussit ovat Caetano Bus, BYD, VDL Bus & Coach, Ebusco ja Linkker. HSL hankki vuoden 2015 keväällä suorahankintana kaksitoista Linkkerin täyssähköbussia pääkaupunkiseudun bussiliikennettä varten. Linkkerin täyssähköbussit valmistetaan Suomessa, Sastamalan kaupungissa. Sähköbussit sisältävät myös kotimaisen Visdonin (Lappeenranta) moottorit. HSL on saanut Linkeriltä vuoden 2016 loppuun mennessä kuusi sähköbussia kahdestatoista. Edellä mainituista kahdestatoista sähköbussista kaksi on muunnossähköbusseja eli dieselbusseja, jotka on modifioitu sähköbusseiksi ja kahdeksan seuraavaa ovat 13 metrisiä Linkkerin täyssähköbusseja. Kahden viimeisen HSL:n hankkiman sähköbussin ominaisuuksia ei ole vielä määriteltä, joten niitä ei ole vielä tilattu. Viimeiset sähköbussit toimitetaan vuoden 2017 loppupuolella. (Lehtinen & Kanerva 2017, 14)

## **Turku**

Turun kaupunki sai ensikosketuksen sähköbussiliikenteeseen vuoden 2013 heinäkuussa, sähköbussin operoidessa viikon testikäytössä noin kymmenen kilometriä pitkällä linjaliikenteen linjalla 1 (Satama–Kauppatori–Lentoasema). Turun kaupunginhallituksessa päätettiin vuoden 2013 syksyllä, että Turun seudun joukkoliikenteeseen tullaan tulevaisuudessa korostamaan sähkö- ja hybridikalustoa. Vuoden 2014 syksyllä on julkaistu diplomityö ”Sähköbussit osana Turun seudun joukkoliikennejärjestelmää”. Tehdyn työn lopputuloksien myötä päätettiin tehdä ehdotus Turun kaupungin sähköbussiliikenteen aloittamisesta. Turun seudun bussiliikenteen sähköbussiliikenne käynnistyi vuoden 2016 lokakuun alkupuolella, jolloin Turun ensimmäinen täyssähköbussi on aloittanut operoinnin linjalla 1 (Satama–Kauppatori–Lentoasema). Seuraava täyssähköbussi aloitti linjalla saman vuoden marraskuussa. Kaiken kaikkiaan linjalle 1 on tulossa kuusi täyssähköbussia. Turun kaupungissa operoidaan Linkkerin täyssähköbusseilla. Ruuhka-aikoina kyseisellä linjalla operoi täyssähköbussien rinnalla edelleen myös kaksi dieselbussia. (Lehtinen & Kanerva 2017, 18)

Turussa pidetään määrätietoisena tavoitteena sähköisen kaluston osuuden lisääminen julkisessa liikenteessä, johon lukeutuvat taksit, joukkoliikenne, ja kuljetuspalvelut. Kuitenkin sähköbussien määrää aiotaan kasvattaa pienin askelin. Bussilinjoja aiotaan sähköistää sitä mukaan, kun operoitavien linjojen sopimukset tulevat päätökseen ja ne kilpailutetaan uudelleen. Turun kaupungin vision mukaisesti 2025-luvulla Turun sisäisen liikenteen bussikalustosta 50 prosenttia pitäisi olla sähköistettyjä. Vuoteen 2015 mennessä se tarkoittaisi suurin piirtein 100 sähköbussia. Strategisena tavoitteena Turun kaupungissa on saavuttaa hiilineutraalinen kaupunki 2040-luvulle mennessä. (Lehtinen & Kanerva 2017, 19)

### 4.3 Tampereen kaupungin toimintamalli 1.1.2017 alkaen

Tamperetta pidetään edelläkävijänä kuntien toimintamuotojen kehittämisessä. Uudistumisella on tarkoitus vastata toimintaympäristöjen kasvavassa määrin oleviin haasteisiin, eritoten palvelutarpeiden muutoksiin sekä taloudellisten liikkumavarojen kaventumiseen. Tampereen kaupunki siirtyi niin sanottuun pormestarimalliin vuonna 2007. Tässä mallissa kaupungilla ja sen johtamisella on tunnistettavat kasvun piirteet ja päätöksenteon ohella myös asioiden valmistelu on demokraattisissa käsissä. Tampereen kaupungin palvelut on järjestetty kaupunkilaisten tarpeista alkaen tilaajien sekä tuottajien yhteistyövoimin ja toimintamallia hyödyntävällä organisaatiolla. Palveluissa tavoitellaan erityisesti vaikuttavuutta, taloudellisuutta ja monipuolisuutta. Kaupunkilaisia kuullaan sekä palveluja suunniteltaessa että palveluja käyttäessä. (Tampereen kaupunki. Tampere toimii 2013, 2.)

Pormestarimallissa palvelut on järjestetty Tampereen kaupungissa monituottajamallilla. Tarkoittaen, että kaupungin omaan tuotantoon lukeutuvan tuotannon rinnalla on myös ulkopuolisten yhteisöjen ja yritysten palvelutuotantoa (Tampereen kaupunki. Tampere toimii 2013, 4). Tilaaja-tuottaja-toimintamallin lähtökohtia taustoittaa se, että kunnan tulee toimia palvelujen järjestäjänä, jolloin sen tulee hoitaa laissa asetetut tehtävät oman tuotantonsa kautta tai yhteistyövoimin toisten kuntien kanssa. Näiden tehtävien hoitamiseksi tarvittavia palveluja voidaan myös hankkia toisilta palvelujen tuottajilta. (Kuntalaki 1995, 2 §.)

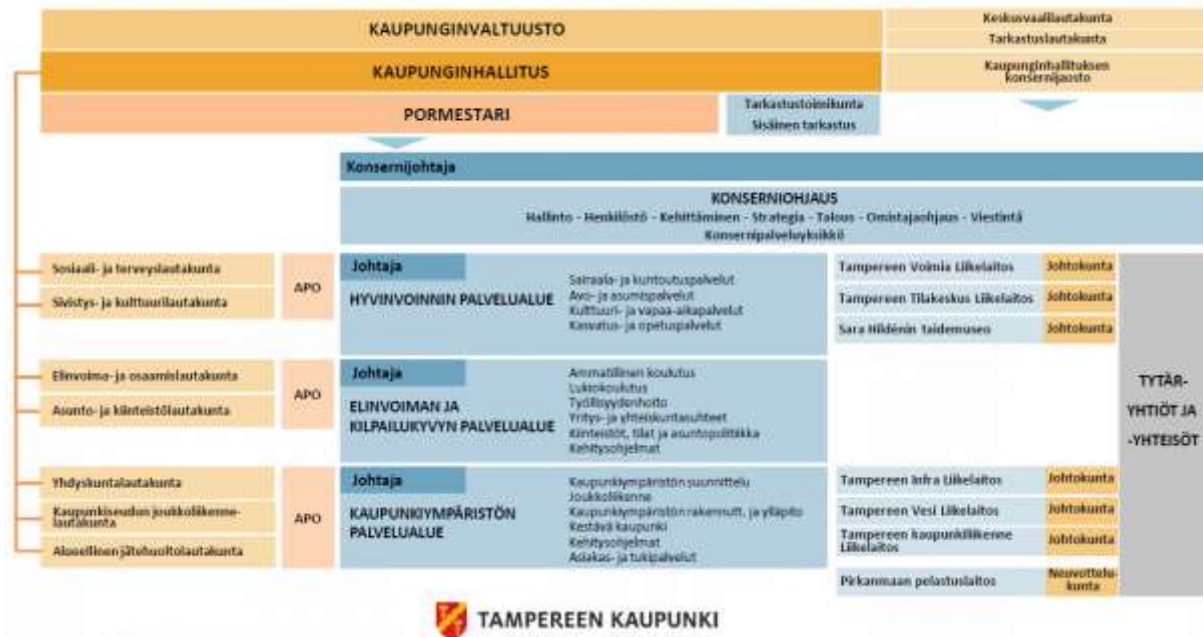
Tampereen kaupungin Rajamäki (2017) kertoo kaupunkiorganisaation siirtyneen pormestari-mallista uuteen toimintamalliin vuoden 2017 alusta (kuvio 3). Tampereen kaupungin uusi toimintamalli otetaan kokonaisuudessaan käyttöön vuoden 2017 aikana, kun uudet poliittiset luottamuselimet aloittavat kevään kuntavaalien jälkeen 1.6.2017. Uudella toimintamallilla on tarkoitus tavoitella entistä kustannustehokkaampia ja vaikuttavampia palveluita. Kuitenkaan kyseessä ei ole pelkästään organisaatorakenteiden muutoksista vaan toimintatapojen uudelleenjärjestämisestä. Vuoden 2017 alusta alkaen Tampereen kaupungin palveluita tuotetaan kolmella erillisellä palvelualueella: kaupunkiympäristön, elinvoiman ja kilpailukyvyn sekä hyvinvoinnin palvelualueilla. Tämän hetkiset lautakunnat jatkavat kevätkauden loppuun, uusien poliittisten toimielimien aloittaessa toimintansa kuntavaalien jälkeen. Hyvinvointipalvelujen johtokunnat on lakkautettu vuoden 2016 lopulla.

Nurmisen johtama kaupunkiympäristön palvelualue jaetaan viiteen palveluryhmään: kaupunkiympäristön suunnittelu ja rakennuttaminen sekä ylläpito, kestävä kaupunki, joukkoliikenne sekä kehitysohjelmat. Kaupunkiympäristön palvelualueella poliittiset luottamuselimet ovat 1.6.2017 lähtien yhdyskuntalautakunta sekä kaupunkiseudun joukkoliikennelautakunta ja alueellinen jätehuoltolautakunta. Rantasen johtama elinvoiman ja kilpailukyvyn palvelualue jakautuu kuuteen palveluryhmään, jotka ovat työllisyydenhoito, lukiokoulutus, ammatillinen koulutus, yritys- ja yhteiskuntasuhteet, kiinteistöt, tilat ja asuntopolitiikka sekä kehitysohjelmat. Lisäksi palvelualueen vastuulle tulee Smart City -ohjelma. Elinvoiman ja kilpailukyvyn palvelualueen poliittisiksi luottamuselimiksi tulee 1.6.2017 lähtien elinvoima- ja osaamislautakunta sekä asunto- ja kiinteistölautakunta.

Kuosmasen johtamaan hyvinvoinnin palvelualueeseen toiminnot muodostuvat neljästä palveluryhmästä: avo- ja asumispalvelut, sairaala- ja kuntoutuspalvelut, kulttuuri- ja vapaa-aikapalvelut sekä kasvatus- ja opetuspalvelut. Uudet lautakunnat hyvinvoinnin palvelualueella ovat 1.6.2017 lähtien sosiaali- ja terveyslautakunta sekä sivistys- ja kulttuurilautakunta. Sosiaali- ja terveystalouden uudistus etenee valtioneuvoston asettaman aikataulun mukaisesti eli sosiaali- ja terveydenhuollon järjestäminen siirtyy uusille maakunnille vuoden 2019 alusta. Sote- ja maakuntauudistuksen jälkeen palvelualueella on vain yksi lautakunta, hyvinvointilautakunta.

Konsernihallintoa on uudistettu vuoden 2016 kuluessa siten, että konsernihallinto jakautuu seitsemään konserniohjausyksikköön: kehittäminen, strategia, talous, henkilöstö, viestintä, hallinto ja omistajaohjaus. Konsernihallintoa johtaa konsernijohtaja Yli-Rajala. Tampereen kaupungin toimintamallin uudelleenjärjestäminen on aloitettu vuoden 2015 aikana ja uudelleenjärjestämisen lähtökohtia taustoitti vuonna 2007 käyttöönotetun tilaaja-tuottajamallin sekä pormestarimallin toteutettu arviointi. Lisäksi lähestymäisillään oleva sosiaali- ja terveysalan uudistus edellyttää Tampereen kaupungin toimintamallien uudelleenjärjestelyä. Näin ollen tilaaja-tuottajamallista on päätetty siirtyä pois. Pormestarimallia on haluttu kehittää ja uudenkin toimintamallin kaupungin ylintä virkaa johtaa pormestari. (Rajamäki 2017)

## Tampereen kaupungin organisaatio 1.6.2017



Kuvio 3. Tampereen kaupungin organisaatio 1.6.2017 (Tampereen kaupunki 2017)

### 4.4 Tampereen Kaupunkiliikenne Liikelaitos

Tampereen joukkoliikenteessä sopimusliikennöitsijöinä operoivat vuonna 2017 Tampereen Kaupunkiliikenne Liikelaitos (TKL), Paunu, Länsilinjat, Satakunnan liikenne, Valkeakosken liikenne ja Pirkanmaan Tilausliikenne.

TKL on perustettu 20.10.1948. Suomessa aloitti ensimmäinen säännöllisesti operoitu johdin-autolinja (Hämeenkatu-Härmälä) 8.12.1948. Tuoreen liikelaitoslain kautta nimi muutettiin 1.1.2009 Tampereen Kaupunkiliikenne Liikelaitokseksi. Nykyisin TKL:n hallinnon toimipisteen sijainti on Tampereen kaupungin Nekalassa (Jokipohjantie 24), jossa sijaitsevat lisäksi myös liikenteenvalvonta, autotallit sekä linja-auton kuljettajien sosiaalityilat. Tampereen kaupungin Infran huoltokorjaamo työskentelee samassa kiinteistössä. Nekalan uusi korjaamo valmistui vuonna 1984 ja toimisto vuonna 1986. Tampereen keskustan linja-auton kuljettajien sosiaalityilat sijaitsevat osoitteessa Hämeenkatu 23, joukkoliikenteen tilaajan hallinnoidessa kyseisiä tiloja. TKL toimii liikelaitoksena ja Tampereen kaupungin kirjanpidollisena taseyksikkönä, joka tuottaa tilaajayksikön tilausten vastaavia liikennöintipalveluita. TKL hankki ensimmäiset bussit vuonna 1990, joihin lukeutuivat matalalattia- ja neljä telibussia. TKL aloitti 1.4.2006 tilaaja-tuottaja -mallissa. (TKL 2015, 6-7, 11)

TKL ja Tampereen joukkoliikenne ovat tehneet tilaaja tuottaja-mallin pohjalta tuotantosopimuksen, joka vastaa TKL:n toteuttamaa toiminta-ajatusta vuosien 2012–2020 ajanjaksolle. TKL:n toiminta-ajatukseen sisältyy korkealuokkaisten paikallisten joukkoliikennepalvelujen tuottaminen kestävästä kehitystä noudattaen sekä mahdollisimman turvallisesti, joustavasti, ja taloudellisesti. Joukkoliikenteelle eli tilaajalle on määritelty tehtäviksi muiden muassa ajettavien linjojen sekä autokierrojen ja aikataulujen suunnittelu. TKL:lle eli tuottajalle on tehtäviksi määritelty näihin sopivien kuljettajien työvuorojen suunnittelu ja operointi. Tilaajalle kuuluvat myös lipunmyynnin- ja neuvontapalvelujen sekä joukkoliikenteen tiedotuksien ja markkinoinnin järjestäminen. Tuottaja vastaavasti saa korvauksia ajetuista linjakilometreistä, linjatunneista ja autopäivistä. Tuotantosopimukseen on sisällytetty myös kriteerejä palveluiden ja kalustojen laatutasoista sekä mahdollista bonuksista ja sanktioista. (TKL 2015, 2–3)

Tilikauden 2016 kuluessa Tampereen joukkoliikenteen vastuu järjestämisestä on laajentunut seudulliseksi. Täten TKL:n operoimien linjastojen moninaisuus entisestään kasvoi. Vuoden 2016 kesällä käyttöön otettiin uudenlainen vyöhykepohjainen hinnoittelujärjestelmä. Tilaajajaysikkö vastaa palveluiden asiakaspalvelusta, suunnittelusta, toteutuksesta sekä hinnoittelujärjestelmän rakenteiden lippu- ja informaatiojärjestelmistä. (TKL 2016, 3)

Vuoden 2012 alussa aloitettiin hintojen määrittäminen tuotantosopimuksiin. Siitä alkaen hintoihin on alettu soveltamaan kolmen kuukauden välein joukkoliikenteeltä tarkasteltavan yleisindeksin muutosta. Toimintojen tehostaminen useiden vuosien ajan ja sen avulla saavutetut positiiviset tulokset ovat sallineet tilaajalle annettuja huomattavia alennuksia tuotantosopimukseen alun perin sovittuihin hintoihin verrattuna. Vuonna 2016 alennus ylitti seitsemän prosentin tason, joka vastaa euroissa noin 2 miljoonaa euroa. Siltikin saavutettiin ja jopa ylitettiin vuodelle 2016 annetut tulostavoitteet. Keskeisimmät tekijät, jotka ovat mahdollistaneet suosiollisen taloudellisen tuloksen, ovat muiden muassa alentuneet eläkemenot, polttonesteiden kulutuksen saavuttamat säästöt ja huoltotoimintojen sekä työvuorosuunnittelun tehostaminen. Tuloksen parantumista edesauttoi myös joukkoliikenteen kasvamisen kautta vähän budjetoitua suuremmat suorittemäärät. Annetun erillisalennuksen lisäksi indeksimuutos on alentanut perittyä tuotantohintaa vuodesta 2012. (TKL 2015, 3 & 2016, 2)

TKL:n palvelukseen lukeutui 338 vakituksessa työsuhteessa olevaa henkilöä vuoden 2016 lopulla, joka kasvanut kuudella henkilöllä edellisvuoteen verrattuna. Henkilöstötarvetta on täydentänyt noin kymmenen tarvittaessa töihin kutsuttavaa linja-autonkuljettajaa (Tampereen Kaupunkiliikenne Liikelaitos 2016, 3). TKL:n henkilöstöön lukeutuu vajaat kaksikymmentä

esimiestä tai muuta toimihenkilöä. Liikenteenhoidon päivittäisestä toiminnasta, mm. kuljettajien rekrytoinnista, vastaa liikennejohtaja apunaan liikenne-esimiehet. Talous- ja hallintoyksikkö sekä kalustotiimi toimivat toimitusjohtajan suorassa alaisuudessa. Liikelaitoksen toimintaa valvoo kaupunginvaltuuston kaksivuotiskaudeksi nimeämä johtokunta. (TKL:n organisaatio 2015–2016)

Tulevina vuosina TKL:n keskeisimmät haasteet liittyvät joukkoliikenteen uusittujen tariffimallien käyttöönottamiseen ja seudulliseksi laajentuneen operointikentän sopeutumiseen, joka vastaavasti vaatii huomattavasti tarkempaa kaluston suunnittelua. TKL toteuttaa kehityshankkeita pilotoivana operaattorina -rooliaan olemalla mukana Tampereen joukkoliikenteen sähköistämisessä. (TKL 2015, 3)

Taulukko 1. TKL:n tunnusluvut vuonna 2013–2016 (TKL 2015, 2)

	2016	2015	2014	2013
Matkat vaihtoiheen (milj.)	20,1	19,5	20,1	21,8
Ajokilometrit (milj.)	10,2	10,0	9,8	9,9
Linjakilometrit (milj.)	9,2	9,0	8,9	9,1
Vakinainen henkilöstö	338	332	314	318
Linja-autoja käytössä	143	136	134	136
Liikevaihto (milj. euroa)	27,1	27,5	28,1	28,7
Konsernituki (milj. euroa)	3,2	3,5	3,5	3,5

Vuonna 2015 matkustajamäärien osalta kehitys jatkui negatiivisena. TKL kuljetti vuoden 2015 aikana kokonaisuudessaan noin 19,5 miljoonaa matkustajaa (taulukko 1), joka on suurin piirtein 3,2 prosenttia vähemmän edelliseen vuoteen verrattuna. Kuitenkin liikennöitävät linjakilometrit kasvoivat suurin piirtein yhdellä prosentilla. Vaikka matkustajien määrät nousivatkin, niin tuotettuja linjakilometrejä kohden kuljetettujen matkustajien kokonaismäärä laski sekä TKL:ssa että Tampereen joukkoliikenteessä selvästi. Useampien laskuvuosien jälkeen matkustajamäärät kääntyivät nousuun vuonna 2016, jolloin TKL kuljetti kokonaisuudessaan 20,1 miljoonaa matkustajaa, joka on suurin piirtein 3,4 prosenttia enemmän kuin edellisenä vuotena. Samanaikaisesti liikennöityjen linjakilometrien määrät kasvoivat suurin piirtein 1,4



prosentilla, joka on noin 9,2 miljoonaa kilometriä. Linjaliikennematkustajien lisäksi TKL kuljetti toiminta-vuoden aikana joitakin tilausajosiakkaita. (TKL 2015, 2-3 & 2016, 2)

#### **4.4.1 Bussikalusto**

Vuonna 2016 uusien dieselbussien hankinnassa on suosittu kevennettyjä korirakenteita, joilla on aikaisempien hankintojen pohjalta todettu olevan merkittäviä positiivisia vaikutuksia polttoaineiden kulutukseen. Uusimpien kolmiakselisten, melkein päästöttömällä Euro6-luokan moottoreilla varustettuja linja-autoja on hankittu neljä kappaletta sekä vastaavanlaisia kaksiakselisia linja-autoja kahdeksan kappaletta. Näiden lisäksi on hankittu viisi käytettyä bussia. Perinteisten dieselkäyttöisten bussien ohella TKL on hankkinut yhteistyössä joukkoliikenteen tilaajan ja muun Tampereen kaupunkiorganisaation kanssa neljä Solariksen nE12-akkusähköbussia. Solariksen NewUrbino linja-autot sisältävät aivan uudenlaisten rakenteiden lisäksi uudistunutta tekniikkaa, kuten Venturan sivulle liukuvat sähköovet ja erillistuentaisen etuakseliston sekä uuden jousituksenohjauksen. Autoihin sisältyy myös ZF AVE 130 taka-akseli ja siihen integroidut napamoottorit, joka on täysin uusi asia myös akkusähköautoille. Dasan valmistama kosketusnäyttölinen kojetaulu informoi kuljettajaa. Edellä mainittujen uudistusten kautta kaluston keski-ikä laski seitsemään vuoteen. Kaluston kokonaisarvoksi muodostui vuonna 2016 noin 2,8 miljoonaa euroa. (TKL 2016, 3-4)

Vuonna 2016 sääntöjen mukainen kaluston uudistaminen painottui polttoainetaloudellisuuteen, käyttömukavuuteen ja ympäristöystävällisyyteen. Tällä vuosikymmenellä hankitut bussit varustetaan kiihtyvyyttä rajoittavalla teknologialla, jonka tavoitteena on ensisijaisesti vähentää polttoaineiden kulutusta ja ympäristöpäästöjen muodostumista. Ympäristön suojelemiseksi TKL on panostanut muiden muassa päivittäishuoltolinjan uudistamiseen ja bussien käyttämien erilaisten nesteiden jakelujärjestelmien uudistuksiin. Vuoden 2016 loppupuolella operoinnin aloittaneella sähköbussiliikenteellä on merkittäviä ympäristövaikutuksia, jotka kohdistuvat ilmanlaadun lisäksi melusaasteen vähentämiseen kaupungissa. (TKL 2016, 5)

Taulukko 2. TKL:n linja-autot ja kulutus ajalla 01-12/2017 (TKL, Keinonen)

TKL:n linja-autojen määrä ja rakenne 1.1.-31.12.2017				
		Dieselbussi	Sähköbussi	
Linja-auto	Kpl	Keskikulutus (diesel) l/100 km	Keskikulutus (energia) kWh/100 km	Keskikulutus (diesel) l/100 km
<b>2-akselisten autojen määrä</b>	<b>50</b>	<b>37,5</b>		
Solaris (hybridi)	2	34,4		
Volvo	35	36		
Scania	13	42,1		
<b>Teliautot</b>	<b>92</b>	<b>43,2</b>		
Solaris	7	42		
Volvo	55	41,9		
Scania	30	45,8		
<b>Nivelautot</b>	<b>2</b>	<b>56,1</b>		
Solaris	2	56,1		
<b>Sähköautot (sähköbussit)</b>	<b>4</b>		<b>115,0</b>	<b>9,6</b>
Solaris	4		115,0	9,6
<b>Yht</b>	<b>148</b>	<b>45,6</b>	<b>115,0</b>	<b>9,6</b>

TKL:n kalustopäällikkö Keinosen mukaan vuoden 2017 päätteeksi käytössä olevat 148 kpl linja-autoa (taulukko 2) jakautuvat rakenteeltaan 2-akselisiin-, teli-, nivel- ja sähköautoihin. Vuoden 2017 dieselbussien keskikulutus on 45,6 litraa/100 km ja tässä taulukossa käytettynä sähköbussien lämmitysöljyn keskikulutus on 9,6 litraa/100 km. Lisäksi sähköbussien energian kulutus on keskimäärin 115 kWh/100 km. Vuonna 2016 dieselöljyä kulutettiin suurin piirtein 4,2 miljoonaa litraa. Polttoaineen lisäksi bussien käyttämää AdBlue-liuosta on hankittu Brenntag Nordicilta suurin piirtein 100 000 litraa. Huolto-ohjelman kautta pystytään seuraamaan autoittain tai kokonaisuutena polttoaineiden kulutuksia. Autokohtaisen seurannan kautta voidaan löytää rikkiäiset autot, jotka voivat mahdollisesti kuluttaa toisia enemmän polttoainetta. Lisäksi seurannan kautta pystytään vertailemaan eri autosarjojen kulutustottumuksia, joten vähiten kuluttavat autosarjat ohjataan pisimpiin autopäiviin. Vuonna 2016 ajosuoritteet olivat suurin piirtein 10,2 miljoonaa kilometriä. Polttoaineen keskikulutuksen mittausta on kehitetty ja siirrytty aiemmasta Winbus-järjestelmän laskennasta hankintojen realistisen määrän käyttämiseen. Keskikulutukseksi vuonna 2016 muodostui 41,7 litraa/100 km, joka on hieman vähemmän edellisvuoteen verrattuna. Polttoaineen keskikulutuksen alentumiseen on vaikuttanut myönteisesti muiden muassa AdBlue:n käytön lisääntyminen ja bussikuljettajia motivoiva kannustepalkkiojärjestelmä. (TKL 2015, 5)

#### 4.5 Sähköbussien hankinta kestävän kehityksen näkökulmasta

Kestävän kehityksen mukainen liikennejärjestelmä perustuu toimivaan joukkoliikenteeseen ja lähiympäristössä hyviin kevyen liikenteen yhteyksiin. Kaupunkisuunnittelu on avainasemassa näiden tavoitteiden toteuttamisessa. Toimintojen sijoittamisella, liikennejärjestelmällä ja väylätarjonnalla on ratkaiseva vaikutus liikkumiseen ja liikenteen määrään. Pitemmällä aikavälillä maailmanlaajuisen kasvihuoneilmiön kehittymistä hidastavat toimenpiteet, kuten moottoriajoneuvoliikenteen vähentäminen, tulevat olemaan erityisen tärkeitä. (Helsingin kaupunki 1995, 23)

Sähköbussien hankintoja taustoittaa Tampereen kaupunkistrategian ja muiden suunnitelmien asetetut tavoitteet muiden muassa ympäristöpäästöjen vähentämiseksi. Tampere tähtää ilmastopolitiikan edelläkävijäksi vuoteen 2025 mennessä. Tavoitteena ovat ensisijaisesti 40 prosentin hiilidioksidipäästövähennykset vuoden 1990 päästötasosta vuoteen 2025 mennessä (Tampereen kaupunki, 2013). Joukkoliikenteen operoinnista johtuvat ympäristöpäästöt muodostavat suurin piirtein 25 prosenttia Tampereen kaupungissa muodostuvista kasvihuonekaasupäästöistä.

Sähköisellä liikenteellä tähdätään ensisijaisesti liikenteen aiheuttamien ympäristöhaittojen vähentämiseen. Tampereen kaupunki on osa kokonaisuutta, kuitenkin laajimmat vaikutukset saadaan yksityisten henkilöiden liikkumistottumuksia muuttamalla. Siten yhtenä tärkeimmistä toimenpiteistä pidetään viestintää, jonka kautta Tampereen kaupungin asukkaita sekä yrityksiä on kannustettava sähköisen liikenteen käyttäjiksi ja yhteiskäyttöisiä kulkuneuvoja. Viestintää hyödynnetään myös alaan lukeutuvan teollisuuden sekä osaamisen houkuttelemiseksi Tampereen kaupungille. Sähköinen liikenne on tällä hetkellä kehityspolkunsa alkupäässä, joten sähkökäyttöiset kulkuneuvot ovat merkittävästi normaalia kalliimpia niin polkupyörissä, busseissa kuin autoissakin. Siten Tampereen kaupungilta tarvitaan aloitusvaiheessa rahallista panostusta sekä ajoneuvoihin että infrastruktuuriin. Kuitenkin pitkällä tähtäimellä investointien arvioidaan maksavan itsensä, niin kaupungille kuin laajemmin yhteiskunnalle takaisin. (Stenman 2014, tiivistelmä)

#### **4.6 Sähköbussien ominaisuudet**

Sähköbussiliikenteestä voi olla sekä useimpia hyötyjä että haasteita. Merkittävin hyöty arvioidaan taloudellisen kannattavuuden näkökulmasta olevan alhaisissa operointikustannuksissa. Sähköbusseissa arvioidaan olevan suhteellisen alhainen huollon tarve ja energiakustannusten olevan suurin piirtein 25 prosenttia dieselkäyttöisen linja-auton energiakustannuksista (Lehti-

nen & Kanerva 2017, 20). Sähkö- ja dieselbussien elinkaarikustannuksia sekä operoimisen taloudellista kannattavuutta on käsitelty tarkemmin luvussa 5.

Lehtisen ja Kanervan (2017, 20) mukaan sähköbussiliikenne on käyttäjäystävällistä, paikallispäästötöntä ja hiljaista. Käyttäjäystävällisyys pohjautuu hiljaisuuden ohella sähköisen voimalinjan avulla pehmeään jarrutuksen ja kiihdytyksen sekä vaihteistottoman voimansiirtolinjan avulla tasaisen operoinnin. Paikallispäästöttömyyden avulla suomalaisten kaupunkien ilmanlaatu paranee ja se hillitsee myös ilmastomuutosta. Sähköbussien hiljaisuus alentaa liikenteen melutasoa ja ne ovat samalla hiljaisia myös bussimatkustajille ja -kuljettajalle.

Latausinfrastruktuuri ja niistä riippuvaliset sähköbussit ovat uudistunutta tekniikkaa, joka aiheuttaa sähköbussien liikenteessä erityisesti alkuvaiheessa infrastruktuuri- ja kalustoriskejä. Realisoituessaan riskit voivat haitata bussien operointia. Varautuminen riskien realisoitumisen ehkäisemiseksi kasvattaa todennäköisesti sähköbussiliikenteen kustannuksia. Lisäksi riskeillä voi olla heikentävä vaikutus operoijien ja energiayhtiöiden halukkuuteen investoida sähköbussi- ja latausinfrastruktuuriin. Jotta sähköbussiliikenne voi toimia, niin sille on hankittava sähköbussit ja rakennutettava latausinfrastruktuuri. Uusi latausinfrastruktuuri ja bussikalusto voivat suurella todennäköisyydellä aiheuttaa merkittävän investointitarpeen olosuhteissa, joissa ei ole tietoja jälkimarkkinoista. (Lehtinen & Kanerva 2017, 20)

#### **4.6.1 Järjestämistapa ja lataus**

Sähköbussiliikenteelle näyttäisi olevan vakiintumassa päätepysäkkilataus, jota käytettäessä sähköbusseja on ladattava ajopäivän aikana linjalla ja useimmiten lisäksi bussivarikolla yön yli latauksena. Siten siinä vaaditaan investointeja sähköbussien latausinfrastruktuuria varten niin linjan varrelle kuin bussivarikollekin. Linjan varren lataus yleensä suoritetaan suuritehoisella ( $\geq 300$  kW) virroitinlatauksella. Virroitinlataus on sähköbussin yläpuolelta tapahtuva lataus. Virroitinlataus tapahtuu automaattisena latausmenetelmänä, jota käytetään sekä operoinnin aikaiseen pika- että varikkolataukseen. Virroitinlatausta on mahdollista suorittaa latauslaitteilla tai raitiovaunujen johdinverkoista. Latauslaitteita käytettäessä pantografit voivat sijaita joko sähköbusseissa tai latauslaitteissa. Virroitinlataustekniikat mahdollistavat enimmillään 450 kW lataukset. (Lehtinen & Kanerva 2017, 21)

Suomalaisten kaupunkiseutujen käytettyjen virroitinlatausten ohella on muitakin sähköbussien pikalatausmenetelmiä. Yksi näistä on esimerkiksi induktiolataus, jolla tarkoitetaan säh-

köbussien alapuolelta tapahtuvia automaattisia latauksia. Induktiolataukset tapahtuvat maahan asennettavien ensiökäämien ja busseihin asennettavien toisiokäämien välillä ilman kosketuspintoja. Induktiolatauslaite on kallis järjestelmä, joka vaatii toimiakseen hyvän käyttöolosuhteen. Pienikin häirttekijä voi estää latauksen toteutumisen. Tämän tapaisia ongelmatekijöitä voivat esimerkiksi olla hiekka, puiden lehdet, roskat, jää ja lumi. Lisäksi sähköbussien asemoinnit induktiolatauslaitteille vaativat sähköbussien automaattisia havaitsemisjärjestelmiä. Bussivarikoilla lataukset toteutetaan yleensä kaapelilatauksia hyödyntäen. Kaapelilatauksissa hyödynnetään hillittyjä 20–50 kW lataustehoja kustannusten vähentämiseksi. Kaapelilataukset tarkoittavat kaapeleilla kytkettäviä langallisia latauksia. Kaapelilataukset eivät ole automaattisia latausmenetelmiä, vaan latausten suorittamiseksi latauskaapelit kytketään käsin sähköbussisiin. Siksi kaapelilataukset soveltuvat parhaiten varikkolatauksiin, jolloin sähköbussien huoltohenkilökunnat voivat hoitaa latauskaapeleiden kytkennät. (Lehtinen & Kanerva 2017, 21)

Bussilinjojen varrella olevat pikalatauspisteet koostuvat vähintään latauslaitteista, muuntamoista ja latauslaitetiloista, joissa sijaitsevat mittauskeskukset. Latauslaitteilla tarkoitetaan järjestelmiä, joiden kautta sähköbussien lataukset suoritetaan. Muuntamot ovat kojeistoja, joissa 20 kV keskijännitteet muunnetaan 400 VAC pienjännitteiksi. Latauslaitetiloissa 400 VAC vaihtojännitteet muutetaan sähköbussien akkujen latauksiin soveltuviksi tasajännitteiksi. Mittauskeskuksissa sijaitsevat muiden muassa pääkytkimet, pääsulakkeet ja sähköverkkoyhtiöiden kWh-mittarit. Muuntamot ja latauslaitetilat aiheuttavat kohtuullisen merkittäviä tilatarpeita latauslaitteiden läheisyydessä. Latauslaitetilojen maksimimitat ovat Tampereella 4,0x1,5x2,0 metriä, Espoossa 3,9x0,8x1,8 metriä tai 2,4x1,6x1,8 metriä ja Turussa 2,8x2,5x2,8 metriä (leveys, syvyys, korkeus). (Lehtinen & Kanerva 2017, 22)

Pikalatauspisteitä rakennettaessa pitää huomioida etäisyydet latauslaitteiden ja latauslaitetilojen välillä. Jos latauslaitetilat sijaitsevat kaukana latauslaitteista, niin kaapeleiden paksuudet kasvavat ja latauspisteiden kustannukset nousevat. Muutamien arvioiden mukaisesti noin 50 metrin etäisyydet pikalatauslaitteiden ja latauslaitetilojen välillä on jopa kustannustehokkaasti sijoitettavissa. Sähköbussien pikalatauksiin riittävillä sähköverkoilla tarkoitetaan verkkoja, joiden tehonsyöttökyvyt 400 VAC vaihtojännitteillä mahdollistavat vähintään 300 kW lataustehot. Tällöin tarvittavat sähköliittymät ovat 3-vaiheiliittymiä (400 VAC, 3x630 A, 50 Hz). Sähköbussien pikalataukset tapahtuvat 400–800 V tasajännitteillä. Yksi sähköliittymä voi palvella tarvittaessa 2-3 pikalatauslaitetta alennetulla latausteholla. (Lehtinen & Kanerva 2017, 22)

Järjestämistapana päätepysäkkilataukset mahdollistavat sähköbussien pienet akkukapasiteetit. Suomalaisilla kaupunkiseuduilla operoivissa sähköbusseissa akkukapasiteetit ovat 55–75 kWh kalustovalmistajasta riippuen. Yleensä tavoitteina ovat käyttää mahdollisimman pieniä akkukapasiteetteja sähköbussikalustoissa hintojen, painojen ja energiankulutusten minimoimiseksi sekä matkustajakapasiteettien maksimoimiseksi. Yleensä kalustovalmistajat tarjoavat sähköbusseihin monia akkupaketteja, joista kaluston tilaaja valitsee tarpeisiinsa sopivat paketit. Pienien akkukapasiteettien vuoksi sähköbussien operointisäteet ovat kuitenkin lyhyet. Lyhyen suurin piirtein 30–60 kilometrin operointisäteen vuoksi sähköbusseja pitää ladata monia kertoja päivässä. Karkean arvion mukaan latausten määrä päivässä on linjan ominaisuuksista riippuen 15–30 latausta. Latauksia suoritetaan linjan varrella mahdollisimman huomaamattomana osana bussiliikennettä. Silloin sähköbussien latausaika muodostuu merkittäväksi tekijäksi. (Lehtinen & Kanerva 2017, 22)

Suomalaisilla kaupunkiseuduilla operoivissa sähköbusseissa hyödynnetään akkuteknologiana litiumtitanaattioksidia (LTO) -akkuja. Akkujen syklikestot ovat yli 12 000 purkulataussykliä (2C, 25 °C) ja akkujen toimintalämpötilaikkunat ovat jopa -40 °C - +65 °C. LTO-akkuja voidaan ladata 80 prosenttia sen kapasiteetista -30 °C lämpötilassa. Akkujen energiatiheddet ovat 70–115 Wh/kg ja siten akkujen painot ovat 9–14 kg/kWh. LTO-akkujen tehotiheydet ovat 760–1250 W/kg. LTO-akkujen hintoja silloin, kun akkujen uusimiset saattaisivat tulla ajankohtaiseksi, on vaikea ennustaa. Hintakehityksiin vaikuttavat erityisesti sähköisen liikenteen ja LTO-akkujen käyttöjen yleistymisen. Arvioiden mukaan LTO akkuteknologia tulisi mak samaan 2020-luvulla suurin piirtein 500 €/kWh. (Lehtinen & Kanerva 2017, 23)

Edellä mainittu LTO-akkujen syklikestot ovat markkinoiden parhaita, joka antaa mahdollisuudet akkujen pitkälle käyttöiälle. Syklikestot tarkoittavat purku-lataussykliä, jonka akut kestävät kunnes akkujen alkuperäisistä kapasiteeteista on jäljellä 80 prosenttia. Akkujen käyttöikänsä vaikuttavat purku-lataussykliä määrien ohella myös purkulataussykliä syvyydet, lataustehot sekä lämpötilat operoinnin ja latauksien aikana. Akkujen toimintalämpötilaikkunoiden osalta olennaisia ovat akkujen käytettävyydet ja ladattavuudet alhaisissa lämpötiloissa. LTO-akkujen erittäin laajat toimintalämpötilaikkunat takaavat akkujen käytettävyydet niin kesällä kuin talvella ja akkujen latausmahdollisuudet jopa -30 °C lämpötilassa mahdollistavat lataamiset myös kovilla pakkasilla. LTO-akkujen tehotiheydet ovat hyvät ja siten akkuja voidaan ladata jopa 6C arvolla. Se tarkoittaa teoriassa sitä, että akkukapasiteettien ol-

lessa 60 kWh LTO-akkuja voidaan ladata korkeintaan 360 kW lataustehoilla. (Lehtinen & Kanerva 2017, 23)

#### 4.6.2 Sähköbussit talvisissa olosuhteissa

Kansalliseen eBus-hankkeeseen liittyen sähköbussien toimivuutta on tutkittu Skandinaavisissa ja erityisesti Suomen haastavissa talviolosuhteisissa vuosien 2012–2015 aikana. Hankkeen johtopäätöksissä on todettu, että kaupunkisähköbusseilla on mahdollisuuksia operoida onnistuneesti talvisissa olosuhteissa. Onnistuneiden operointimahdollisuuksien lisäksi energiatehokkaat ja ympäristöystävälliset sähköbussit tuntuisivat olevan taloudellisesti kilpailukykyisiä vaihtoehtoja tämän hetkisellevä dieselbussiliikenteelle. Kylmissä talviolosuhteet aiheuttavat vaatimuksia muiden muassa latausjärjestelmän ja kaluston pakkasenkestävyydelle sekä akkujen ja sähköbussien lämmitykselle. (Lehtinen & Kanerva 2017, 23)

Lämmitykseen ja pakkasenkestävyyteen koskevista vaatimuksista suurin osa on täytetty suomalaisten kaupunkiseutujen liikennöinnissä. Siltikin kylmät olosuhteet ja erityisesti pakkasena ovat aiheuttaneet merkittäviä haasteita latausjärjestelmien toimivuudelle muiden muassa Turun lentoasemalla sijaitsevalla pikalatauspisteellä. Pakkanen voi aiheuttaa pikalatauslaitteelle erilaisia ongelmatilanteita, kuten lataustapahtuman merkittävää hidastumista, jopa useita minuutteja, ja sen jäähtyminen ei välttämättä toimi kunnolla. Ongelmat voivat johtua esimerkiksi yksittäisen komponentin ongelmasta ja tällöin se on mahdollista korjata komponenttivaihdolla. (Lehtinen & Kanerva 2017, 23)

Suomalaisilla kaupunkialueilla operoivien sähköbussien akkujen äärimmäisen mittava toimintalämpötilaikkuna varmistaa akkujen toimivuuden sekä kesällä että talvella. Akkuja on mahdollista ladata peräti -30 °C lämpötilassa, joten tämän vuoksi lataaminen on mahdollista jopa kovalla pakkasella. Sähköbusseilla on myös erilliset lämmitykset niin bussin akuille kuin sisätiloillekin ja kalustovalmistajasta johtuen sisätilojen lämmitys toimii joko biodieselillä tai ilmalämpöpumpulla. Edellä mainittujen lämmitysmuotojen ohella sähköbusseista voi tarvittaessa olla myös dieselkäyttöinen lisälämmitin matkustamotilalle. (Lehtinen & Kanerva 2017, 24)

Suomen talviolosuhteissa operoitaessa on aiemmin mainittujen tekijöiden ohella otettava huomioon energiankulutuksen vaihtelu. Sähköbussin kulutukseen voivat vaikuttaa erilaiset asiat, kuten kuljettajan ajotavat, kalustovalmistajat sekä operointi- ja sääolosuhteet. Sähkö-

bussi voi kuluttaa liukkaissa, lumisissa ja kylmissä olosuhteissa jopa 25 prosenttia enemmän kuin kesäisissä olosuhteissa, joten ne tulee huomioida akkukapasiteetin ja latausjärjestelmän mitoituksessa. Sähkönkulutuksen nousu kylmissä talvisissa olosuhteissa liittyy vierintävastuksen ja ilmanvastuksen kasvamisesta. Lumisessa tiessä vierintävastus voi mahdollisesti olla 40 prosenttia korkeampi kuin puhtaalla asfaltilla ja ilmanvastus voi olla  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  lämpötilassa suurin piirtein 10 prosenttia korkeampi kuin  $+23\text{ }^{\circ}\text{C}$  lämpötilassa. (Lehtinen & Kanerva 2017, 24)



## 5 SÄHKÖ- JA DIESELBUSSIEN ELINKAARIKUSTANNUS

Niin kuin luvussa kolme mainittiin, niin hyvän projektin yhtenä tunnusmerkkinä on kustannustehokkuus ja sitä voidaan lähestyä kustannushyödyn (Cost-Benefit) sekä kustannusvaikutavuuden (Cost-Effectiveness) näkökulmista. Kustannus-hyötyanalyysissä rahaa pidetään keskeisenä tarkasteltavana mittarina ja vastaavasti kustannusvaikutavuudessa vaikutuksia esitetään muissa muodoissa kuin rahamääräisenä. Aiemmin on myös mainittu, että kustannus-hyötyanalyysin olevan erittäin hyödyllinen työkalu elinkaarikustannusten selvittämisessä. Näin ollen tässä tutkimuksessa lähestytään sähkö- ja dieselbussien 15 vuoden elinkaarikustannuksia kustannus-hyötyanalyysiä käyttäen. Tarkoituksena on hyödyntää vuoden 2017 toteutuneita kustannuksia ja tämän jälkeen olettaa miten seuraavien 2-15 vuosien kustannukset eli kovat arvot voisivat toteutua. Vastaavalla tavoin aiotaan hyödyntää LIPASTO yksikköpäästötietokantaan raportoituja päästötietoja, jotta saadaan selville 15 vuoden elinkaarikustannusten pehmeät arvot. Lopuksi diesel- ja sähköbussien kustannuksia ja ympäristöpäästöjä verrataan toisiinsa.

Sähkö- ja dieselbussien elinkaarikustannuksilla voidaan mitata taloudellista kannattavuutta. Elinkaarikustannukset voidaan jakaa kovien ja pehmeiden arvojen kustannuksiin. Elinkaarikustannuksien *kovien arvojen* kustannukset muodostuvat tässä tutkimuksessa sähkö- ja dieselbussiliikenteen leasing hankintakustannuksista, käyttö- eli operointikustannuksista, huolto- ja muista kustannuksista. *Pehmeiden arvojen* kustannukset muodostuvat puolestaan ympäristöpäästöjen yksikköpäästöistä. Pehmeisiin arvoisiin lukeutuvat myös meluhaitat, mutta ne rajataan ulkopuolelle.

### 5.1 Laskelmien taustaoletukset/-rajaukset

Tampere hankki neljä täyssähköbussia viiden vuoden leasingilla. Voidakseen vertailla tässä tutkimuksessa sähkö- ja dieselbussien elinkaarikustannuksia toisiinsa, pitää tehdä aika paljon taustaoletuksia ja – rajauksia. Koviin arvoihin lukeutuvien *leasing hankintakustannuksien* vertailua varten on pitänyt selvittää myös dieselbussien toimittajalta mitä vastaavassa tilanteessa voisi mahdollisesti olla dieselbussin viiden vuoden leasing hankintasopimuksen kustannukset. Yleisesti tällaiset tilanteet perustuvat markkinallisiin olosuhteisiin eli kilpailutilanteesta valitaan paras mahdollinen tarjous ja kokonaisvaltaisin paketti. Tässä tutkimuksessa kilpailullisia olosuhteita ei sisälly dieselbussin leasing hankintakustannuksiin. TKL:n toimi-

tusjohtaja Pirhosen mukaan sähköbussien latausasema ja neljä hidaslaturia olivat kauppahinnaltaan yhteensä 257 880 €, joissa ei ole mukana sellaisia sähkötöitä, joita latausaseman rakentaminen edellytti. Myöskään laiturin kunnostustyöt eivät siihen kuuluneet. Pirhosen mukaan ihan kaiken kattavaa selvitystä urakan sisällöstä ei ole, mutta hinta piti sisällään määrittelyn mukaan latausaseman sekä hidaslatureiden laitteet, rakenteet ja työt. Tutkimuksen ulkopuolelle rajataan myös se mahdollisuus, että latausasema- tai hidaslaturit menisivät rikki, jolloin ne pitäisi joko korjata tai uusia kokonaan. Laskelmien kustannuksissa verot huomioidaan ainoastaan leasingin hankinta- ja latausinfran rakentamisen kustannuksissa, muut kustannukset ilmoitetaan verottomina.

*Operointikustannuksien* vertailussa dieselbusseista valitaan 2-akselinen Euro 6-luokituksen Volvo, jolla on käytössä viimeisin ja ympäristöystävällisin käytössä oleva tekniikka. Lisäksi EU 6-luokituksen Volvon kapasiteetti on vastaavanlainen TKL:n käytössä olevien sähköbussien kanssa. Tällaisen EU 6-luokituksen omaavan dieselbussin keskimääräinen dieselin kulutus on ilmoitettu aiemman luvun neljä taulukon 2 mukaan olevan vuonna 2017 noin 36 litraa 100 kilometrillä, kun taas vastaavasti TKL:n kaikkien dieselbussityyppien kesikukulutus on ollut noin 45,6 litraa 100 kilometrillä. Lisäksi täytyy muistaa, että edellä mainitut kesikulutukset ovat syntyneet aivan eri linjoilla kuin sähköbussien operoima erittäin vaativa linja 2. Kulutukseen vaikuttavat monet seikat; muiden muassa kuljettajien ajotavat, kalustovalmistajat, liikennöinti- ja sääolosuhteet, asiakkaiden määrät jne. Esimerkiksi sähköbussin kulutus voi nousta huomattavasti talvella lumisissa, liukkaissa ja kylmissä olosuhteissa.

Operointikustannuksissa tullaan käyttämään pyöristettyjä arvoja (dieselbussi 70 000 km/vuosi ja sähköbussi 40 000–45000 km/vuosi), joita käsitellään tarkemmin seuraavissa alaluvuissa. Lisäksi huomioidaan, että sähköbussien vuoden 2017 suoritteita eli ajokilometrejä vääristää voimakkaasti se, että yksi linja-auto oli huomattavan pitkään poissa ajosta, sillä se joutui kolarin jälkeen olemaan todella kauan korjaamolla. Sähköbussien 15 vuoden elinkaarikustannuksien vuosien 2-15 ajokilometreinä tullaan olettamaan 45 000 km per sähköbussi vuodessa, vaikka tutkimuksessa onkin tarkoitus vertailla mahdollisimman hyvin sähkö- ja dieselbussien toteutuneita kustannuksia.

Kuten edellä olevissa alaluvuissa tullaan huomaamaan, niin sähköbussien operointikustannukset ovat merkittävästi pienemmät myös nykyisin käytössä olevaan ympäristöystävällisimpään dieselbussiin verrattuna. Tämän vuoksi sähköbussit valittiin operoimaan vaativaa linjaa 2 ja Pyynikintorin pääte pysäkille sijoitettiin pikalatauspiste. Latausajan tarve linjalla on mer-

kittävä sähköbussiliikenteen toteuttamiskelpoisuuteen ja taloudelliseen kannattavuuteen vaikuttava tekijä. Latausajan tarpeeseen vaikuttaa linjapituus, latauspisteiden määrä ja sijoittelu, sähköbussin energiankulutus ja latauslaitteen pikalatausteho (Lehtinen & Kanerva 2017, 24). Tässä vaiheessa elinkaarta eli yhden vuoden (2017) jälkeen on vielä epäselvää miten sähköbussien tekniikka elinkaaren seuraavina vuosina tulee toimimaan. Varsinkin akkujen kestoa voidaan vain arvata ja akkujen tehot yleensä vähentyvät vuosien mittaan. Akuston sitoumuksetta arvioitu veroton hinta (taulukko 3) on noin 300 000 €. Tampereen seudun joukkoliikenne ei anna kuitenkaan ajaa sopimusliikenteessään yli 15-vuotiaalla bussilla, joten jos akut kestävät 15 vuotta, niin Tampereella se on sitten yhtä kuin bussin elinkaari. Näin ollen sähkö- ja dieselbussien elinkaareksi tullaan olettamaan 15 vuotta eikä akuston uusimisen 300 000 € hintaa tulla huomioimaan tutkimuksessa. Vaikka bussien akkujen tehojen voidaan olettaa vähentyvän vuosien aikana, niin tässä tutkimuksessa se rajataan myös ulkopuolelle.

Taulukko 3. Akun – ja latauslaitteiden tietoja.

Linja-automalli	Yksikkö	Dieselbussi	Sähköbussi
<b>Yleiset tiedot</b>			
Sähköbussin tyyppi/malli	Malli		Solaris nU12E
<b>Akun tiedot ja kustannukset</b>			
Akun tyyppi/malli	Malli		Impact 640-110/ZOLTAN
Akun kapasiteetti (koko)	kWh		75
Syklikesto	~		>14000
Energiatiheys	Wh/kg		89
Maksimi latausteho	C		5
Maksimi purkuteho	C		5
Toimintasäde yhdellä latauksella (maks.)	Km		65
Sähköbussin akun hankinta- tai vaihtamisen hinta, veroton	€/kpl		300 000,00 €
Sähköbussin akun arvioitu vaihtoväli	sykli-ikä (5v/10v/15v/20v)		15
<b>Latauslaitteiden kustannukset ja mahdollisuudet Tampereella (tilanne 31.12.2017)</b>			
Varikkolataus eli yön yli lataus	Kyllä/Ei		kyllä
Pääte pysäkkilataus	Kyllä/Ei		kyllä
Lataus jokaisella pysäkillä	Kyllä/Ei		ei

*Huolto- ja korjauskustannuksien* tiedot ovat TKL:n kalustopäällikön Keinosen mukaan ääretömän luottamuksellisia, joten täysin tarkkoja arvoja tutkimuksessa ei voida käyttää. Laskennassa käytettäväksi dieselbussien verottomaksi luvuksi muodostui 0,14 €/km ja sähköbussien vastaava veroton kustannus 0,18 €/km. *Muissa kustannuksissa* huomioidaan lähinnä ajoneuvojen vuosittaiset vakuutusmaksut, koska M3-luokan eli raskaan linja-auton ajoneuvoissa ei ole mitään ajoneuvo- ja tai muitakaan veroja.

Investointilaskelmissa käytetään myös joissain tapauksissa laskentakorkokantaa, jolla tarkoitetaan sitä rahan aika-arvoa, jolla investointiin liittyviä kassavirtoja siirretään ajankohdasta toiseen. Laskentakorkokantaa käytettäessä tarkoituksena on pyrkiä saamaan investoinnin kas-

savirrat toisiinsa nähden vertailukelpoisiksi. Tulevaisuudessa saatava samansuuruinen kassavirta on aina vähempiarvoinen kuin nykyhetkellä saatava. Mikäli kassavirtoja siirretään tulevaisuudesta tarkasteluhetkeen, kyse on diskonttaamisesta. Tässä tutkimuksessa perimmäisenä tarkoituksena on vertailla sähkö- ja dieselbussien koko elinkaaren kustannuksia toisiinsa, eikä kustannusten eli kassavirtojen siirtäminen nykyhetkeen toisi tässä tapauksessa huomattavaa lisäarvoa lopputulosten kannalta, joten se jätetään ulkopuolelle. Lisäksi tämän tapaustutkimuksen elinkaarikustannusten ja lopputulosten jatkohyödynnettävyys pysyy helpommin lähestyttävänä.

Pehmeissä arvoissa eli yksikköpäästöissä tullaan hyödyntämään lähinnä LIPASTO yksikköpäästötietokantaa (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017), jonka mukaan liikennevälineiden yksikköpäästötietokanta sisältää tie-, raide-, vesi- ja ilmaliikenteen sekä työkoneiden päästökertoimet, jotka kuvastavat henkilö- ja tavaraliikennettä Suomessa. Vesi- ja ilmaliikenteen osalta tietokanta kattaa myös Suomen kansainvälisen liikenteen. Yksikköpäästöillä tarkoitetaan tässä liikennevälineiden käytön aikaisia päästömääriä kuljetettua massa- tai henkilöyksikköä ja pituusyksikköä kohden (g/tonnikilometri, g/henkilökilometri). Yksikköpäästötietokanta on uudistettu alkuvuonna 2017 perusteellisesti, ja päivitettyt päästökertoimet on julkaistu LIPASTO-sivustolla heinäkuussa 2017. Myös tietokannan menetelmäkuvaukset ja laskentaohjeet esimerkkeineen on päivitetty.

Elinkaarikustannuksiin sisältyy kovien arvojen kustannusten lisäksi myös pehmeiden arvojen eli käytännössä ympäristöpäästöjen ja meluhaittojen kustannukset. Tässä tutkimuksessa pehmeistä arvoista huomioidaan vain ympäristöpäästöt, joita ei kuitenkaan muuteta kustannusmuotoon, vaan pidetään alkuperäisissä yksikköpäästömuodoissaan. Tarkoitus on ensisijaisesti keskittyä kovien arvojen kustannusten vertailemiseen (taulukot 6–7 & 9), mutta yksikkömuodossa olevista dieselbussien päästötaulukosta (taulukko 8) saadaan myös selvä käsitys dieselbussien päästövaikutuksista. Sähköbussilla ei ole ajettaessa päästövaikutuksia, joten elinkaaren kokonaispäästöjen taulukolle ei ole tarvetta. Pehmeisiin arvoihin lukeutuvat meluhaitat rajataan tämän tutkimuksen ulkopuolelle.

Pehmeiden arvojen yksikköpäästöihin (taulukko 4) lukeutuvat LIPASTO-yksikköpäästötietokannan (2017) mukaan seuraavat:

- CO (g/km) = hiilimonoksidi
- HC (g/km) = hiilivedyt (sis. metaanin CH<sub>4</sub>)

- NO<sub>x</sub> (g/km) = typen oksidit
- PM (g/km) = hiukkaset
- CH<sub>4</sub> (g/km) = metaani
- N<sub>2</sub>O (g/km) = typpioksiduuli
- SO<sub>2</sub> (g/km) = rikkioksidi
- CO<sub>2</sub> (g/km) = hiilidioksidi
- CO<sub>2</sub>ekv. (g/km) = kasvihuonekaasut CO<sub>2</sub> ekvivalentteina (CH<sub>4</sub> kerroin 25 ja N<sub>2</sub>O kerroin 298)
- Energia (g/km) = kWh/km

Taulukko 4. LIPASTO yksikköpäästötietokanta (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017).

Linja-automalli	Yksikkö	Dieselbussi	Sähköbussi
<b>Yksikköpäästöt</b>			
LIPASTO-järj. (g/km) v. 2016 (päivitetty tietokanta 6.7.2017)			
Dieselbussi (EURO 6): Kokonaismassa 18 t, kantavuus 6 t, automaattivaihteisto, kaupunkibussit (43 matk.)			
Sähköbussi: Kokonaismassa 16 t, kantavuus 5,5 t, kaupunkibussit (43 matk.)			
	CO (g/km) = hiilimonoksidi	0,30	
	HC (g/km) = hiilivedyt (sis. metaanin CH <sub>4</sub> )	0,040	
	NO <sub>x</sub> (g/km) = typen oksidit	0,80	
	PM (g/km) = hiukkaset	0,0040	
	CH <sub>4</sub> (g/km) = metaani	0,0011	
	N <sub>2</sub> O (g/km) = typpioksiduuli	0,041	
	SO <sub>2</sub> (g/km) = rikkioksidi	0,0040	
	CO <sub>2</sub> (g/km) = hiilidioksidi	1201	
	CO <sub>2</sub> ekv. (g/km) = kasvihuonekaasut CO <sub>2</sub> ekvivalentteina (CH <sub>4</sub> kerroin 25 ja N <sub>2</sub> O kerroin 298)	1213	
Lipasto-järjestelmä	Energia (g/km) = kWh/km	5,1	1,7
TKL:n ilmoittama	Energia (g/km) = kWh/km		1,15
<b>YMPÄRISTÖPÄÄSTÖT YHTEENSÄ (PEHMEÄT ARVOT)</b>			

LIPASTO-yksikköpäästötietokantaan raportoituja diesel- ja sähköbussien keskimääräisiä vuoden 2016 yksikköpäästölukuja esitetään taulukossa 4. Luvut koostuvat kaupunkiliikenteessä operoivan EURO 6-luokan täyden 43 matkustajan ja automaattivaihteiston omaavan dieselbussin, jonka kokonaismassa on 18 tonnia ja kantavuus 6 tonnia päästöluvuista. Sähköbussin päästöluvut on huomioitu muuten dieselbussia vastaavilla ominaisuuksilla, mutta sähköbussin kokonaismassa on 16 tonnia ja kantavuus 5,5 tonnia. TKL:n kalustopäällikkö Keinonen on ilmoittanut toteutuneita päästölukuja, jotka ovat dieselbussilla CO eli hiilimonoksidi 1,5 g/km, HC eli hiilivedyt 0,13 g/km, NO<sub>x</sub> eli typen oksidit 0,4 g/km ja PM eli hiukkaset 0,01 g/km. Sähköbussilla ei Keinosen ja LIPASTO-järjestelmän mukaan ole ajettaessa päästöjä, mutta niille kuitenkin raportoidaan energian kulutus. Tässä tutkimuksessa hyödynnetään

pehmeissä arvoissa vain LIPASTO-yksikköpäästötietokannan lukuja. Keinonen kuvailee vuoden 2017 toteutuneista päästöasioista seuraavasti:

*“Volvon 2-akselinen EURO 6-luokan dieselbussi alittaa päästörajoitukset. CO2 hiilidioksidipäästöt riippuvat polttoaineen bio-osuudesta ja toisaalta sitä ei määritetä missään, joten ei ole mielekasta ilmoittaa. Sähköbussissa ei laskennallisesti ole mitään lähipäästöjä, vaikka öljyllä lämpeäkin...”*

## 5.2 Leasing

Jungan (1986, 1) mukaan leasing tarkoittaa tavaroiden pitkäaikaista vuokraamista. Toisessa määritelmässä leasingilla tarkoitetaan sellaisia hankintojen rahoitusmuotoja, joissa omistusoikeudet leasingin kohteista pysyy edelleen rahoittajalla, mutta käyttöoikeudet siirtyvät leasingin ottajalle, koska rahoitusleasingien vuokra-ajat ulottuvat yleisesti kyseisten kohteiden koko taloudelliseen käyttöikään. Leasingin termi tulee alun perin englanninkielisestä termistä ”to lease”. Käytännössä ”leasing” termi kattaa monenlaisia sopimuksia, kuten normaalit vuokrasopimukset ja osamaksukaupat. Itse ”leasing” käsite ei edusta mitään itsenäistä sopimustyyppimallia ja siten esimerkiksi joidenkin yhtiöiden leasingsopimusteksteissä voidaankin puhua yleisesti leasingista, vuokrista ja vuokraussopimuksista.

Leasingin kohteet voivat käsittää laajasti eri asioita, kuten atk- ja kopiolaitteita sekä henkilöautoja ja jopa hevosia voidaan liisata. Leasingtoiminnan asiakasryhmiä ovat sekä yksityishenkilöt, liisaten esimerkiksi autoja tai videoita jne., että tärkeimpänä asiakasryhmänä on teollisuus. (Junka 1986, 1–2)

Aromäen ym. (2004, 139–140) mukaan IAS 17 – standardi liittyy kaikkiin sellaisiin vuokrasopimuksiin, jotka noudattavat standardin vuokrasopimuksien määritelmät. Itse sopimuksen käsitteellä tai nimellä, on se käyttöoikeus-, leasing-, vuokrasopimus tai joku muu vastaava, ei ole merkitystä, eikä niin ikään sopimukseen liittyvällä juridisella muodolla. Vaikka kyseessä on standardi, niin sitä ei hyödynnetä kaikissa vuokrasopimuksissa. Lähtökohtaisesti asia liittyy sopimukseen, joissa hyödykkeen käyttöoikeus siirretään, vaikka vuokralle antajalta on voitu velvoittaa huomattavia kyseisen hyödykkeen huoltoon tai kuuluvia palveluita. Kuten edellä jo osittain mainittiinkin, niin vuokrauskohde voi periaatteessa olla mikä tahansa hyödyke, kuten rakennus, kone, laite tai maa-alue. Standardiin eivät lukeudu seuraavat:

- Palvelusopimus, jossa ei siirretä hyödykkeen käyttöoikeutta sopimusosapuolten välillä. Esimerkinomaisesti voidaan mainita siivoussopimus, jossa siivouskoneet eivät siirry palvelun ostajalle ja palvelun tarjoaja hyödyntää koneita siivouksessa;
- Uusiutumattomien luonnonvarojen etsinnässä ja käytössä, esimerkkinä maakaasu, öljy ja malmit, sillä näihin liittyvät säännöt eivät ole IAS-standardeissa. Standardiin ei myöskään sisälly lisenssisopimuksia, jotka liittyvät elokuvaan, videonauhointeisiin, näytelmiin, käsikirjoituksiin, patentteihin ja tekijänoikeuksiin; nämä lukeutuvat aineettomien oikeuksien IAS 38 *Aineettomat hyödykkeet* – standardeihin;
- Sijoituskiinteistöjen eli IAS 40 *Sijoituskiinteistöt* tai biologisten hyödykkeiden eli IAS 41 *Maatalous* liittyvät vuokrasopimukset.

IAS 17:n standardin määritelmän mukaan *vuokrasopimuksena* pidetään sopimusta, jossa vuokralle ottaja käyttää hyödykettä tietyn ajanjakson jaksoittaisia maksusuorituksia tai maksua vastaan. Vuokrasopimuksien määritelmä sisältää myös sellaisia vuokrasopimuksia, joissa vuokralle ottaja saa hyödykkeen omistukseensa sovittujen edellytysten täytyessä. Standardin mukaan *vuokra-ajalla* tarkoitetaan sellaista ajanjaksoa, minkä ajaksi vuokralle ottaja sopii ottavansa hyödykkeen vuokralle vailla purkuoikeutta ja sisältäen sen ohella mahdollisen jatkokauden, lisämaksusta tai ilman. Tällaisissa tapauksissa jatkokausi tehdään mahdollisimman edulliseksi, jotta vuokralle ottaja todennäköisemmin hyödyntää edun hyväkseen ja silloin kyseinen jatkoaika sisältyy vuokra-aikaan. (Aromäki ym. 2004, 141–142)

### 5.2.1 Leasing luokittelut

Leasingiin liittyvä toiminta kehittyy voimakkaasti ja uusia leasingmuotoja syntyy tiuhaan tahtiin. Perusjako leasingsopimuksilla jaetaan rahoitus- ja käyttöleasingin välillä. Toisessa jaottelussa leasingit jaetaan joko epäsuoraan tai suoraan leasingiin. Kuitenkin näiden ohella on useita piirteitä, jonka pohjalta erilaisia leasingtyyppejä voi jaotella. Leasingin tuoreutta kuvaa osittain se, että useat leasingiin liitetystä termeistä on vailla suomenkielisiä vastineita ja vastaavista asioista voidaan käyttää monia nimityksiä. Esimerkinomaisesti rahoitusleasingista käytetään lisäksi suomenkielistä vastinetta, jota kutsutaan ”vuokrausluotoksi”, se ei ole siltikään vakiintunut yleisessä käytössä. (Junka 1986, 4)

Kuten edellä mainittiin, niin vuokrasopimukset jaotellaan yleisesti rahoitusleasing- ja muihin vuokrasopimuksiin eli käyttöleasingopimuksiin. Jaottelun mukaan ratkaistaan sopimuksen

käsittely tilinpäätöksessä ja yleensäkin kirjanpidossa. Luokittelu pohjautuu standardin termeihin *risks and rewards*, joiden taustalla on se, että kumpi osapuolista vastaa mahdollisista tappioista ja riskeistä ja kumpi vastaavasti saa hyödykkeestä mahdollisesti saatavat hyödyt itselle. Tällä luokittelulla on pyrkimys varmistaa eri yritysten tunnuslukujen ja tilinpäätösinformaation vertailukelpoisuus (Aromäki ym. 2004, 139). Vuokrasopimusjärjestelyillä on pyritty monesti jättämään velka- tai omaisuuseriä taseen ulkopuolelle ja näin ollen parantamaan yrityksen tunnuslukuja. Vuokrasopimusten kirjaustavalla on merkityksellistä vaikutusta gearing-tunnuslukuun, omavaraisuusasteeseen ja sijoitetun pääoman tuottoon. Silloin, kun omaisuuseriä ei kirjata vuokralle ottajaan taseeseen, muiden muassa velkaerän poistuminen parantaa gearing-arvoa ja myös sijoitetun pääoman tuotto paranee. Siten yrityksillä voi mahdollista olla pyrkimys luokitella sopimus ennemmin muuksi vuokrasopimukseksi kuin rahoitusleasing-sopimukseksi. (Anttila ym. 2009, 379)

Anttilan ym. (2009, 381) teoksessa mainitaan, että IAS 17:n standardissa vuokrasopimus tavallisesti pidetään rahoitusleasing-sopimuksena seuraavien tunnusmerkkien toteutuessa:

- Sopimusten mukaisesti omaisuuserien omistusoikeudet ovat siirtyneet vuokralle ottajalle vuokrausajan loppuessa;
- vuokralle ottajalla oikeutetaan ostaa omaisuuserät vuokrausajan loputtua edullisesti suhteessa omaisuuserän käypään arvoon;
- vuokrausaika kattaa suurimman osan omaisuuserien taloudellisista kokonaisvaikutusajoista, vaikka omistusoikeudet eivät siirrykään;
- vähimmäisvuokrien nykyarvot sopimusten syntymisajankohtina muodostavat ainakin olennaiset osat vuokrattujen omaisuuserien käyvistä arvoista;
- vuokrattuihin omaisuuseriin sisältyy erityispiirteitä siten, että ainoastaan vuokralle ottajalla on mahdollisuus käyttää niitä ilman huomattavien muutosten toteuttamista;
- vuokralle ottajalla on mahdollisuus purkaa sopimus ja sen purusta vuokralle antajalle koituneet tappiot hyvittää vuokralle ottaja;
- jäännösarvon käyvän arvon vaihteluista syntyvät tappiot ja voitot tulevat vuokralle ottajalle esimerkiksi vuokranalennuksena ja se vastaa vuokra-ajan loppuessa merkittävintä osuutta myyntituloista); ja
- vuokralle ottajalla on mahdollisuus jatkaa sopimuksia lisäkausiksi markkinavuokria huomattavasti alemmilla vuokrilla.



### 5.2.2 Leasing edut ja haitat

*Leasingin edut leasingille ottajan kannalta;* Jungan (1986, 17, 20) kuvailee, että leasingin alkuvaiheissa yleisen käsityksen mukaan yrityksen asemaa pidettiin hyvin heikkona, jos yritys liisasi tuotantovälineitään. Vuosien aikana leasingrahoitukseen totuttiin ja yritykset huomasi-  
vat liisauksen muodostavan myös useita etuja, joista yleensä mainitaan seuraavat:

- Leasingsopimukset ovat helppoja budjetoida, koska leasingmaksut toteutuvat etukä-  
teen sovittujen aikataulujen mukaisesti;
- leasing ei velvoita omarahoitukseen. Siten leasinginvestointi ei rasita yrityksen mak-  
suvalmiutta;
- leasingvelvoitteet eivät ilmene yritysten tilinpäätöksissä, joten eivät ilmene myöskään  
yritysten velkojen lisäyksinä;
- leasing ei sido reaali- vakuutta. Leasingkohteiden takaisinostositoumukset riittävät ta-  
vallisesti vakuudeksi;
- leasingkohde katsotaan leasingille antajan varallisuusverotuksessa omaisuudeksi;
- leasingvuokra on verotuksessa kokonaisuudessaan vähennyskelpoinen kulu. Leasingin  
yhteydessä leasingille ottaja voi vähentää leasingvuokran kuluna ja leasingkohteen  
omistaja eli rahoitusyhtiö voi tehdä poistot leasingkohteesta. Leasingvaihtoehdossa  
hankinnat ovat mahdollista kirjata kuluiksi hieman joutuisammin verrattuna poistome-  
nettelyyn;
- koska leasingkohteet leasingin ajanjaksojen loputtua siirtyvät omistajalle, ei yrityksen  
ole tarvetta huolehtia kohteiden jälleenmyynneistä. Kuitenkin yrittäjän halutessa sillä  
on mahdollisuus jatkaa leasingien kausia perusvuokrakausien loputtua alennettuja  
vuokria vastaan;
- leasingien käytöt ovat luontevia erityisesti aloilla, joissa teknologiat kehittyvät joutui-  
sasti, jonka seurauksena koneet ”vanhenevat” pikaisesti ja niiden jäännösarvot ovat  
pieniä. Näihin lukeutuvat muiden muassa kopiokoneet ja atk-laitteet.

*Leasing edut myyjän kannalta;* myyjätaholle leasing tarkoittaa myynnin lisäämistapaa, kun  
tarpeellinen rahoitus löytyy leasingyhtiöstä. Myyjän kannalta leasing on lähes käteiskauppaa.  
Rasitteena leasingissa on myyjälle jo edellä mainittu takaisinostovelvoite leasingkauden lo-  
puttua. (Junka 1986, 20)

Leasingsopimuksissa on kyse tuotantovälineiden tai muiden hyödykkeiden yleensä pitkäaikaisesta vuokrauksesta. Vuokrauksella on monia etuja omistamiseen verrattuna; vuokraamalla yritys saa helpommin rahoitusta lainanottoon verrattuna, vuokrausjärjestelyillä voidaan saavuttaa veroetuja (vuokramaksut ovat pääasiassa täysin verovähennyskelpoisia, mutta poistaoikeus on rajallinen), eikä vuokralle ottajalla välttämättä ole hyödykkeeseen liittyvää jäänösarvoriskiä. Leasingsopimusten tyypillisesti pitkästä kestoajasta ja niihin liittyvistä, toisinaan suuristakin rahasummista johtuen yritysten sitoutumisaste tällaisiin järjestelyihin on tavanomaista vuokrasuhdetta korkeampi. Leasingsopimuksilla voi olla myös merkittäviä tasevaikutuksia. Näiden seikkojen vuoksi leasingjärjestelyistä tulee antaa ulkopuolisille tahoille lisäinformaatiota tilinpäätöksessä. (Aromäki ym. 2004, 139)

*Leasingin haittapuolista*; leasingin varjopuolista ilmeisin on sen suhteellinen kalleus useimpiin muihin rahoitustapoihin verrattuna. Vuokralle ottaja maksaa tuotteen hinnan korkoineen, mutta leasingkauden jälkeen ei ole saavuttanut tuotteen omistusoikeutta. Usein leasingopimuksiin liittyy vuokralle ottajan oikeus lunastaa tuote leasingkauden jälkeen markkinahintaisena (= kohteen markkina-arvo vuokrauden lopussa), mikä itse asiassa merkitsee sitä, että tällöin vuokralle ottaja ostaa jo kertaalleen maksamansa tuotteen. Suomessa osamaksukaupan lainsäädäntö estää sen, että lunastus voisi tapahtua alihintaan, koska tällöin sopimus tulkitaan osamaksusopimukseksi. Leasingrahoituksen korko vaihtelee kohteen arvon ja sopimuksen kestoajan mukaan, mutta tyypillinen leasingrahoitus tulee yleensä kalliimmaksi kuin hankkeen rahoittaminen lainalla tai tulorahoituksella. (Junka 1986, 20–21)

Yritysten tuotannollisten investointien osalta leasingrahoituksen ongelmana on, että tuotannollisille investoinneille myönnetty 80 %:n liikevaihtoverovähennysoikeus ei koske rahoitusleasing-kohteita. Tämä on osaltaan vaikuttanut siihen, että leasingin käyttö on vuodesta 1983 kanavoitunut lähinnä ei-tuotannollisiin investointeihin. Erityisesti pienille yrityksille tuottaa ongelmia rahoitusleasingsopimusten peruuttamattomuus. Vaikka leasinghankinta osoittautuisi virheelliseksi ja tuottamattomaksi, on siitä perusvuokrakautena vaikea päästä eroon. Leasing-sopimus merkitsee sitoutumista jatkuviin maksuihin 3–5 vuodeksi. Mikäli yrityksen talous on epävakaalla pohjalla, voi sitoutuminen pitkäaikaiseen vuokrasopimukseen käydä erittäin rasakaksi. Leasingsopimuksissa ei häiriötilanteissa ole juuri neuvotteluvaraa. Lisäksi yrityksen tilinpäätösinformaatiosta kiinnostuneiden kannalta leasing on hankala sen johdosta, että tilinpäätökseen ei tarvitse sisällyttää tietoa leasingvelvoitteista. Näin yrityksen vakavaraisuudesta saattaa syntyä kaunisteltu kuva. (Junka 1986, 21–22)

### 5.3 Elinkaarikustannusten muodostuminen

Tämän luvun alkupäässä mainittiin, että elinkaarikustannukset voidaan jakaa kovien ja pehmeiden arvojen kustannuksiin. Elinkaarikustannuksien *kovien arvojen* kustannukset muodostuvat tässä tutkimuksessa sähkö- ja dieselbussiliikenteen leasing hankintakustannuksista, käyttö- eli operointikustannuksista, huolto- ja muista kustannuksista. *Pehmeiden arvojen* kustannukset muodostuvat puolestaan ympäristöpäästöjen yksikköpäästöistä.

#### 5.3.1 Elinkaarikustannusten kovat arvot

Tampereen seudun joukkoliikenne ei anna ajaa sopimusliikenteessään yli 15-vuotiaalla bussilla, joten bussien käyttöiksi ja siten myös elinkaareksi valitaan 15 vuotta. Vuonna 2017 TKL:n käytössä oli dieselbusseja 144 kpl ja näiden toteutuneet ajokilometrit yhteensä olivat noin 9 888 000 km. Yhden dieselbussin keskimääräisiksi ajokilometreiksi muodostui pyöristettyjen arvojen jälkeen noin 70 000 km (taulukko 5). Tässä tutkimuksessa tullaan oletamaan, että dieselbussien elinkaaren vuosittaiset ajokilometrit pysyvät samalla tasolla. Vuonna 2017 TKL:n käytössä oli sähköbusseja 4 kpl ja näiden toteutuneet ajokilometrit yhteensä olivat noin 158 005 km. Yhden sähköbussin keskimääräisiksi ajokilometreiksi muodostui pyöristettyjen arvojen jälkeen noin 40 000 km. Kuitenkin vuonna 2017 yksi sähköbusseista oli huomattavan pitkään poissa ajosta kolarin vuoksi. Näin ollen tässä tutkimuksessa tullaan oletamaan, että sähköbussien elinkaaren vuosien 2-15 vuosittaiset ajokilometrit olisivat todellisuudessa hieman suuremmat kuin toteutuneet ajokilometrit vuonna 2017 eli vuosille 2-15 oletetaan vuosittaisiksi ajokilometreiksi noin 45 000 km.

Taulukko 5. Ajokilometrit elinkaaren (15 v.) aikana.

<b>Ajokilometrit elinkaaren (15 v.) aikana</b>		
<b>Vuosi</b>	<b>Dieselbussi (2-aks., Euro 6)</b>	<b>Sähköbussi (Solaris nU12E)</b>
1	70 000	40 000
2	70 000	45 000
3	70 000	45 000
4	70 000	45 000
5	70 000	45 000
6	70 000	45 000
7	70 000	45 000
8	70 000	45 000
9	70 000	45 000
10	70 000	45 000
11	70 000	45 000
12	70 000	45 000
13	70 000	45 000
14	70 000	45 000
15	70 000	45 000
<b>Yhteensä</b>	<b>1 050 000</b>	<b>670 000</b>

Sähkö- ja dieselbussien vuosittaiset ajokilometrit vaihtelevat (taulukko 5) ja tämän vuoksi esimerkiksi operointi- ja huoltokustannuksien suora vertaileminen toistensa kanssa ei ole täysin vertailukelpoinen. Tämän vuoksi elinkaarikustannuksissa tullaan myös vertailemaan mitä kovien arvojen kustannukset ja ympäristöpäästöt olisivat, jos sähköbussien tekniikka, luotettavuus ja ajokilometrit saataisiin nostettua 70 000 km eli dieselbussien ajokilometrien tasolle (alaluku 6.3).

Tässä tutkimuksessa tullaan käyttämään sähköbussien vertailukohtana 2-akselista Euro 6-luokituksen Volvoa, jolla on käytössä viimeisin ja ympäristöystävällisin käytössä oleva tekniikka. Lisäksi EU 6-luokituksen Volvon kapasiteetti on vastaavanlainen TKL:n käytössä olevien sähköbussien kanssa. Tutkimusta varten on selvitetty mitä dieselbussin viiden vuoden leasingin kustannukset olisivat, kun ei ole vallitsevia markkinallisia eli kilpailullisia olosuhteita taustalla vaikuttamassa. Dieselbussin viiden vuoden leasingin verolliseksi hankintakustannukseksi muodostui noin 300 000 euroa (taulukko 6), joka jakaantuu seuraavilla tavoilla;

avausmaksu noin 400 euroa, 60 kuukauden käsittelypalkkiot noin 600 euroa, 60 kuukauden kuukausivuokrat noin 175 000 euroa, 60 kuukauden koron osuudet noin 18 000 euroa, jäännösarvo 110 000 euroa ja hankintahinta noin 285 000 euroa. Leasing hankintakustannus saadaan kokonaisuudessaan selville laskemalla kaikki muut yhteen paitsi hankintahinta. Toinen vaihtoehto on laskea yhteen koron osuudet ja hankintahinta. Dieselbussin viiden vuoden leasingin verolliseksi vuosittaiseksi hankintakustannukseksi muodostui noin 40 000 euroa. Ensimmäisenä vuonna huomioidaan lisäksi noin 400 euron avausmaksu ja viidentenä vuonna noin 110 000 euron jäännösarvo.

Vuosittaiset operointikustannukset selviävät, kun Euro 6-luokan dieselbussin vuosittaiset ajokilometrit ovat 70 000 km, dieselin kesikukulutus eli 36 litraa per 100 km jaetaan 100:lla, jolloin saadaan keskimääräiseksi kulutukseksi 0,36 litraa per 1 km. Polttoaineen eli dieselin veroton hinta on ollut 31.12.2017 noin 0,992 euroa litralta. Kun ajokilometrit eli 70 000 km kerrotaan keskimääräisellä km-kulutuksella eli 0,36:lla ja lopuksi kerrotaan vielä dieselin hinnalla eli 0,992:lla, niin saadaan dieselbussin 15 vuoden elinkaaren vuosittaisiksi operointikustannuksiksi noin 25 000 euroa ja kokonaisuudessaan noin 375 000 euroa, kun vuosittaisten ajokilometrien oletetaan pysyvän 70 000 kilometrinä.

Dieselbussille on sovittu hieman matalampi huoltohinta sähköbussiin verrattuna. Vuosittaiset huoltokustannukset selviävät, kun Euro 6-luokan dieselbussin vuosittaiset ajokilometrit 70 000 km kerrotaan huoltosopimuksen verottomalla hinnalla 0,14 euroa per 1 km, jolloin saadaan dieselbussin 15 vuoden elinkaaren vuosittaisiksi huoltokustannuksiksi noin 10 000 euroa ja kokonaisuudessaan noin 150 000 euroa, kun vuosittaisten ajokilometrien oletetaan pysyvän 70 000 kilometrinä. Muut vuosittaiset kustannukset olivat noin 1 000 euroa ja kokonaisuudessaan noin 15 000 euroa. Muihin kustannuksiin lukeutuvat lähinnä vakuutusmaksut, jotka ovat verottomana noin 750 euroa kuukaudessa.

Taulukko 6. Dieselbussin elinkaarikustannukset (15 v.).

Dieselbussin (2-aks., Euro 6) elinkaarikustannukset (15 v.)					
Vuosi	Leasing hankinta- kustannukset (60 kk)	Operointi- kustannukset	Huolto- kustannukset	Muut kustannukset	Yhteensä
1	- 38 900 €	- 25 000 €	- 10 000 €	- 1 000 €	- 74 900 €
2	- 38 500 €	- 25 000 €	- 10 000 €	- 1 000 €	- 74 500 €
3	- 38 500 €	- 25 000 €	- 10 000 €	- 1 000 €	- 74 500 €
4	- 38 500 €	- 25 000 €	- 10 000 €	- 1 000 €	- 74 500 €
5	- 149 000 €	- 25 000 €	- 10 000 €	- 1 000 €	- 185 000 €
6	- €	- 25 000 €	- 10 000 €	- 1 000 €	- 36 000 €
7	- €	- 25 000 €	- 10 000 €	- 1 000 €	- 36 000 €
8	- €	- 25 000 €	- 10 000 €	- 1 000 €	- 36 000 €
9	- €	- 25 000 €	- 10 000 €	- 1 000 €	- 36 000 €
10	- €	- 25 000 €	- 10 000 €	- 1 000 €	- 36 000 €
11	- €	- 25 000 €	- 10 000 €	- 1 000 €	- 36 000 €
12	- €	- 25 000 €	- 10 000 €	- 1 000 €	- 36 000 €
13	- €	- 25 000 €	- 10 000 €	- 1 000 €	- 36 000 €
14	- €	- 25 000 €	- 10 000 €	- 1 000 €	- 36 000 €
15	- €	- 25 000 €	- 10 000 €	- 1 000 €	- 36 000 €
<b>Yhteensä</b>	- 303 400 €	- 375 000 €	- 150 000 €	- 15 000 €	- 843 400 €

Solaris nU12E sähköbussin viiden vuoden leasingin verolliseksi hankintakustannukseksi muodostui noin 710 000 euroa (taulukko 7), joka jakaantuu seuraavilla tavoilla; 60 kuukauden kuukausivuokrat noin 570 000 euroa, jäännösarvo noin 138 000 euroa ja hankintahinta noin 682 000 euroa. Kokonaisuudessaan Tampereen neljän sähköbussin viiden vuoden leasingin verolliset hankintakustannukset ovat noin 2,8 miljoonaa euroa, mutta tässä tutkimuksessa keskitytään vain yhden sähköbussin kustannuksiin, jotta kustannuksia voitaisiin vertailla mahdollisimman tasapuolisesti dieselbussien kustannuksien kanssa. Lisäksi sähköbusseja varten on pitänyt rakentaa latausinfra eli latausasema ja neljä kappaletta pikalatausasemia, joita ilman Tampereelle hankitut neljä sähköbussia olisivat käytännössä hyödyttömiä. Latausinfraan rakennuskustannukset ovat noin 260 000 euroa.

Sähköbussien hankintakustannukset ovat dieselbusseihin verrattuna suhteellisen kalliita, mutta Tampereen kaupunki on saanut työ- ja elinkeinoministeriöltä energiatukea sähköbussijärjestelmän hankintaan 812 000 euroa. Energiatuki on yleisesti noin 30 prosenttia hankinnan

kokonaisarvosta. Työ- ja elinkeinoministeriö voi hankekohtaisen harkinnan perusteella myöntää muiden muassa kunnille energiatukea sellaisiin investointi- ja selvityshankkeisiin, jotka esimerkiksi vähentävät energian tuotannon tai käytön ympäristöhaittoja. Koska sähköbussien leasingin hankintasopimuksessa ei erikseen erotella avausmaksuja, käsittelypalkkioita ja koron osuuksia, niin sähköbussin leasingin hankintakustannus saadaan kokonaisuudessaan selville laskemalla kuukausivuokrat ja jäännösarvo yhteen. Sähköbussin viiden vuoden leasingin verolliseksi vuosittaiseksi hankintakustannukseksi muodostui noin 114 000 euroa. Viidentenä leasingin vuonna huomioidaan myös noin 252 000 euron jäännösarvo.

Sähköbussin operointikuluissa pitää huomioida energian ja dieselin kulutukset. Energiaa sähköbussi käyttää muiden muassa liikkumista ja dieseliä lämmitystä varten. Koska yksi sähköbusseista oli vuonna 2017 kolarin vuoksi pidempään poissa ajosta, niin oletetaan elinkaaren seuraavien eli vuosien 2-15 ajokilometreiksi 45 000 km sekä lisäksi jaetaan operointi- ja huoltokustannukset vuoden 2017 ja vuosien 2-15 ajanjaksoille. Sähköbussin vuoden 2017 operointikustannuksien dieselin kustannukset selviävät, kun vuosittaiset ajokilometrit ovat 40 000 km, lämmitykseen tarvittavan dieselin keskikulutus eli 9,6 litraa per 100 km jaetaan 100:lla, jolloin saadaan keskimääräiseksi kulutukseksi 0,096 litraa per 1 km. Polttoaineen eli dieselin veroton hinta on ollut 31.12.2017 noin 0,992 euroa litralta. Kun ajokilometrit eli 40 000 km kerrotaan keskimääräisellä km-kulutuksella eli 0,096:lla ja lopuksi kerrotaan vielä dieselin hinnalla eli 0,992:lla, niin saadaan vuoden 2017 dieselin vuosittaiseksi kustannukseksi noin 3 800 euroa. Vastaavalla laskentatavalla saadaan vuosien 2-15 dieselin vuosittaisiksi kustannuksiksi noin 4 300 euroa, kunhan huomioidaan vuosittaisten ajokilometriä olevan 45 000 km.

Sähköbussin vuoden 2017 operointikustannuksien energian kustannukset selviävät, kun vuosittaiset ajokilometrit ovat 40 000 km, liikkumiseen tarvittavan energian keskikulutus eli 115 kWh per 100 km jaetaan 100:lla, jolloin saadaan keskimääräiseksi kulutukseksi 1,15 kWh per 1 km. Energian veroton hinta on ollut 31.12.2017 noin 0,082 euroa per kWh. Kun ajokilometrit eli 40 000 km kerrotaan keskimääräisellä kWh-kulutuksella eli 1,15:lla ja lopuksi kerrotaan vielä energia hinnalla eli 0,082:lla, niin saadaan sähköbussin vuoden 2017 energian vuosittaiseksi kustannukseksi noin 3 800 euroa. Vastaavalla laskentatavalla saadaan vuosien 2-15 energian vuosittaisiksi kustannuksiksi noin 4 200 euroa, kunhan huomioidaan vuosittaisten ajokilometriä olevan 45 000 km. Kokonaisuudessaan sähköbussin 15 vuoden elinkaaren vuosittaisiksi operointikustannuksiksi muodostui noin 8 000 euroa ja kokonaisuudessaan noin 130 000 euroa.

Sähköbussin huoltokustannuksissa huomioidaan myös vuoden 2017 ajokilometrien olevan noin 40 000 km ja elinkaaren seuraavien eli vuosien 2-15 ajokilometreiksi 45 000 km sekä lisäksi jaetaan huoltokustannukset vuoden 2017 ja vuosien 2-15 ajanjaksoille. Sähköbussille on sovittu hieman korkeampi huoltohinta dieselbussiin verrattuna. Vuoden 2017 huoltokustannukset saadaan selville, kun ajokilometrit eli 40 000 km kerrotaan huoltosopimuksen verottomalla hinnalla 0,18 euroa per 1 km, niin saadaan sähköbussin vuoden 2017 vuosittaiseksi huoltokustannukseksi noin 7 000 euroa. Vastaavalla laskentatavalla saadaan vuosien 2-15 vuosittaisiksi huoltokustannuksiksi noin 8 000 euroa, kunhan huomioidaan vuosittaisten ajokilometrien olevan 45 000 km. Kokonaisuudessaan sähköbussin 15 vuoden elinkaaren vuosittaisiksi huoltokustannuksiksi muodostui noin 8 000 euroa ja kokonaisuudessaan noin 120 000 euroa. Muut vuosittaiset kustannukset olivat noin 1 000 euroa ja kokonaisuudessaan noin 15 000 euroa. Muihin kustannuksiin lukeutuvat lähinnä vakuutusmaksut, jotka ovat verotona noin 750 euroa kuukaudessa.

Taulukko 7. Sähköbussin elinkaarikustannukset (15 v.) – ajokilometrit 45 000 km vuosina 2-15.

Sähköbussin (Solaris nU12E) elinkaarikustannukset (15 v.) - ajokilometrit 45 000 km vuosina 2-15							
Vuosi	Leasing hankinta- kustannukset (60 kk)	Operointi- kustannukset	Huolto- kustannukset	Muut kustannukset	Latausinfra (latausasema+ pikalatausasemat 4 kpl)	Energiatuki (TEM)	Yhteensä
1	- 114 000 €	- 7 500 €	- 7 000 €	- 1 000 €	- 260 000 €	812 000 €	422 500 €
2	- 114 000 €	- 8 500 €	- 8 000 €	- 1 000 €	- €	- €	- 131 500 €
3	- 114 000 €	- 8 500 €	- 8 000 €	- 1 000 €	- €	- €	- 131 500 €
4	- 114 000 €	- 8 500 €	- 8 000 €	- 1 000 €	- €	- €	- 131 500 €
5	- 252 000 €	- 8 500 €	- 8 000 €	- 1 000 €	- €	- €	- 269 500 €
6	- €	- 8 500 €	- 8 000 €	- 1 000 €	- €	- €	- 17 500 €
7	- €	- 8 500 €	- 8 000 €	- 1 000 €	- €	- €	- 17 500 €
8	- €	- 8 500 €	- 8 000 €	- 1 000 €	- €	- €	- 17 500 €
9	- €	- 8 500 €	- 8 000 €	- 1 000 €	- €	- €	- 17 500 €
10	- €	- 8 500 €	- 8 000 €	- 1 000 €	- €	- €	- 17 500 €
11	- €	- 8 500 €	- 8 000 €	- 1 000 €	- €	- €	- 17 500 €
12	- €	- 8 500 €	- 8 000 €	- 1 000 €	- €	- €	- 17 500 €
13	- €	- 8 500 €	- 8 000 €	- 1 000 €	- €	- €	- 17 500 €
14	- €	- 8 500 €	- 8 000 €	- 1 000 €	- €	- €	- 17 500 €
15	- €	- 8 500 €	- 8 000 €	- 1 000 €	- €	- €	- 17 500 €
Yhteensä	- 708 000 €	- 126 500 €	- 119 000 €	- 15 000 €	- 260 000 €	812 000 €	- 416 500 €



### 5.3.2 Elinkaarikustannusten pehmeät arvot

Tässä alaluvussa selvitetään elinkaarikustannusten pehmeiden arvojen ympäristöpäästöjen vaikutusta.

Myös pehmeiden arvojen ympäristöpäästöjen yksikköpäästöissä käytetään sähköbussien vertailukohtana 2-akselista Euro 6-luokituksen Volvoa, jolla on käytössä viimeisin ja ympäristöystävällisin käytössä oleva tekniikka. Euro 6-luokituksen omaavalla dieselbussilla on huomattavia ympäristöpäästövaikutuksia (taulukko 8) elinkaarensa aikana. Euro 6-luokituksen dieselbussin elinkaaren ympäristöpäästöt jakaantuvat seuraavasti:

- Hiilimonoksidit ovat vuonna 2017 noin 21 000 g ja kokonaisuudessaan noin 315 000 g
- Hiilivedyt (sis. metaani) ovat vuonna 2017 noin 2 800 g ja kokonaisuudessaan noin 42 000 g
- Typen oksidit ovat vuonna 2017 noin 56 000 g ja kokonaisuudessaan noin 840 000 g
- Hiukkaset ovat vuonna 2017 noin 280 g ja kokonaisuudessaan noin 4 200 g
- Metaanit ovat vuonna 2017 noin 77 g ja kokonaisuudessaan noin 1 155 g
- Typpioksiduulit ovat vuonna 2017 noin 2 870 g ja kokonaisuudessaan noin 43 050 g
- Rikkioksidit ovat vuonna 2017 noin 280 g ja kokonaisuudessaan noin 4 200 g
- Hiilidioksidit ovat vuonna 2017 noin 84 070 000 g ja kokonaisuudessaan noin 1 261 050 000 g
- Kasvihuonekaasut ovat vuonna 2017 noin 84 910 000 g ja kokonaisuudessaan noin 1 273 650 000 g
- Energiat ovat vuonna 2017 noin 357 000 g ja kokonaisuudessaan noin 5 355 000 g

Euro 6-luokituksen dieselbussin ympäristöpäästöt ovat vuonna 2017 noin 169 420 307 g ja kokonaisuudessaan elinkaarensa aikana noin 2 541 304 605 g, kun oletetaan ajokilometrien olevan kustannuksia vastaavasti 70 000 km vuodessa. Vastaavasti sähköbussilla ei todettu olevan ajettaessa päästövaikutuksia, kuten alaluvussa 6.1. asiasta mainittiin.

Taulukko 8. Arvioidut dieselbussin kokonaispäästöt elinkaaren (15 v.) aikana.

Arvioidut dieselbussin kokonaispäästöt elinkaaren (15 v.) aikana 70 000 km/vuosi				
Bussityyppi	Yksikköpäästö g/km	Päästöt 1. vuosi (2017)	Päästöt 2-15 vuodet	Päästöt 15v (elinkaari)
Dieselbussi (Euro 6)	CO 0,30/km	21 000	294 000	315 000
	HC 0,040/km	2 800	39 200	42 000
	Nox 0,80/km	56 000	784 000	840 000
	PM 0,0040/km	280	3 920	4 200
	CH4 0,0011/km	77	1 078	1 155
	N20 0,041/km	2 870	40 180	43 050
	SO2 0,0040/km	280	3 920	4 200
	CO2 1201/km	84 070 000	1 176 980 000	1 261 050 000
	CO2ekv. 1213/km	84 910 000	1 188 740 000	1 273 650 000
	Energia 5,1/km	357 000	4 998 000	5 355 000
	<b>Yhteensä</b>	<b>169 420 307</b>	<b>2 371 884 298</b>	<b>2 541 304 605</b>

#### 5.4 Kustannusten yhteenveto ja vertailu

Tarkoituksena on kuitenkin saada mahdollisimman vertailukelpoiset kustannukset ja selvittää ovatko sähköbussit kannattavia investointeja vai sijoituksia tulevaisuuteen. Siinä tapauksessa oletetaan tilanne, jossa Solaris nU12E sähköbussin akusto, muu tekniikka ja luotettavuus jne. saataisiin paremmaksi ja näin ollen kasvatetaan sähköbussin keskimääräiset vuosittaiset ajokilometrit dieselbussin vastaavalle tasolle eli noin 70 000 km (taulukko 9). Oletettavassa tilanteessa kaikki muut kustannusvaikutukset pysyisivät aiemmalla tasolla, kun taas ajokilometrit vaikuttavat vain operointi- ja huoltokustannuksiin.

Edelleen sähköbussin operointikuluissa pitää huomioida energian ja dieselin kulutukset, vuoden 2017 ajokilometrit ovat 40 000 km ja oletetaan elinkaaren seuraavien eli vuosien 2-15 ajokilometreiksi 70 000 km sekä lisäksi jaetaan operointi- ja huoltokustannukset vuoden 2017 ja vuosien 2-15 ajanjaksoille. Sähköbussin vuoden 2017 operointikustannuksien dieselin vuosittaiset kustannukset ovat myös edelleen 3 800 euroa. Aiemmin esitetyn laskentatavan mu-

kaan saadaan vuosien 2-15 dieselin vuosittaisiksi kustannuksiksi noin 6 700 euroa, kunhan huomioidaan vuosittaisten ajokilometrien olevan 70 000 km. Sähköbussin vuoden 2017 ope-  
rintikustannuksien energian kustannuksina käytetään edelleen noin 3 800 euroa. Aiemmin  
esitetyn laskentatavan mukaan saadaan vuosien 2-15 energian vuosittaisiksi kustannuksiksi  
noin 6 600 euroa, kunhan huomioidaan vuosittaisten ajokilometrien olevan 70 000 km.. Ko-  
konaisuudessaan sähköbussin 15 vuoden elinkaaren vuosittaisiksi operointikustannuksiksi  
muodostui noin 13 500 euroa ja kokonaisuudessaan noin 200 000 euroa.

Sähköbussin huoltokustannuksissa huomioidaan myös vuoden 2017 ajokilometrien olevan  
noin 40 000 km ja elinkaaren seuraavien eli vuosien 2-15 ajokilometreiksi 70 000 km sekä  
lisäksi jaetaan huoltokustannukset vuoden 2017 ja vuosien 2-15 ajanjaksoille. Sähköbussin  
vuoden 2017 huoltokustannuksien vuosittaiset kustannukset ovat myös edelleen 7 000 euroa.  
Aiemmin esitetyn laskentatavan mukaan saadaan vuosien 2-15 vuosittaisiksi huoltokustan-  
nuksiksi noin 12 500 euroa, kunhan huomioidaan vuosittaisten ajokilometrien olevan 70 000  
km. Kokonaisuudessaan sähköbussin 15 vuoden elinkaaren vuosittaisiksi huoltokustannuksik-  
si muodostui noin 12 500 euroa ja kokonaisuudessaan noin 180 000 euroa.

Taulukko 9. Sähköbussin elinkaarikustannukset (15 v.) – ajokilometrit 70 000 km vuosina 2-  
15.

Sähköbussin (Solaris nU12E) elinkaarikustannukset (15 v.) - ajokilometrit 70 000 km vuosina 2-15							
Vuosi	Leasing hankinta- kustannukset (60 kk)	Operointi- kustannukset	Huolto- kustannukset	Muut kustannukset	Latausinfra (latausasema+ pikalatausasemat 4 kpl)	Energiatuki (TEM)	Yhteensä
1	- 114 000 €	- 7 500 €	- 7 000 €	- 1 000 €	- 260 000 €	812 000 €	422 500 €
2	- 114 000 €	- 13 500 €	- 12 500 €	- 1 000 €	- €	- €	- 141 000 €
3	- 114 000 €	- 13 500 €	- 12 500 €	- 1 000 €	- €	- €	- 141 000 €
4	- 114 000 €	- 13 500 €	- 12 500 €	- 1 000 €	- €	- €	- 141 000 €
5	- 252 000 €	- 13 500 €	- 12 500 €	- 1 000 €	- €	- €	- 279 000 €
6	- €	- 13 500 €	- 12 500 €	- 1 000 €	- €	- €	- 27 000 €
7	- €	- 13 500 €	- 12 500 €	- 1 000 €	- €	- €	- 27 000 €
8	- €	- 13 500 €	- 12 500 €	- 1 000 €	- €	- €	- 27 000 €
9	- €	- 13 500 €	- 12 500 €	- 1 000 €	- €	- €	- 27 000 €
10	- €	- 13 500 €	- 12 500 €	- 1 000 €	- €	- €	- 27 000 €
11	- €	- 13 500 €	- 12 500 €	- 1 000 €	- €	- €	- 27 000 €
12	- €	- 13 500 €	- 12 500 €	- 1 000 €	- €	- €	- 27 000 €
13	- €	- 13 500 €	- 12 500 €	- 1 000 €	- €	- €	- 27 000 €
14	- €	- 13 500 €	- 12 500 €	- 1 000 €	- €	- €	- 27 000 €
15	- €	- 13 500 €	- 12 500 €	- 1 000 €	- €	- €	- 27 000 €
Yhteensä	- 708 000 €	- 196 500 €	- 182 000 €	- 15 000 €	- 260 000 €	812 000 €	- 549 500 €

Mitä paremmin hankkeen vuosittaiset kustannukset ovat selvillä, niin sitä paremmin pystytään arvioimaan onko hankkeen vuosittaisiin kustannuksiin tai yleensäkin koko investointiin varaa. Selvää on, että sähköbussin leasingin hankintakustannukset ovat vielä tällä hetkellä huomattavasti suuremmat dieselbussin hankintakustannuksiin verrattuna. Lisäksi sähköbussit ovat täysin riippuvaisia muiden muassa latausinfraan rakentamisesta. Kuitenkin mahdollisuus saada Työ- ja elinkeinoministeriöltä energiatukea voi helpottaa investointipäätöksen tekoa.

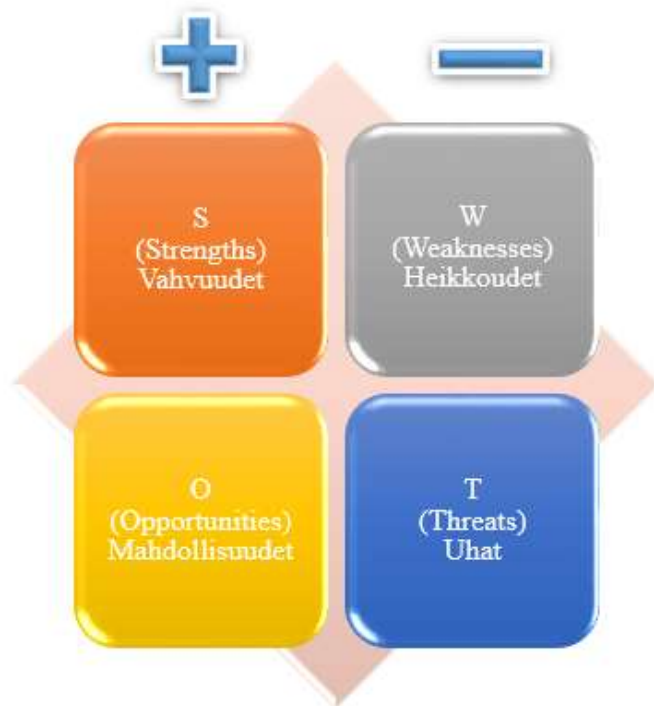
Tällä hetkellä sähköbussien tekniikka eli käytännössä akun kapasiteetti ja uuden teknologian luotettavuus eivät täysin tue sähköbussien mahdollisuuksia olla niin kannattavia kuin toivottaisiin. Vuonna 2017 sähköbussit operoivat vain noin 60 prosenttia dieselbussien ajokilometreistä. Kuitenkin diesel- ja sähköbussien kustannusten vertailussa yksi merkittävimmistä huomionarvoisista asioista on se, että mitä enemmän sähköbusseilla operoidaan suhteessa dieselbusseihin, niin sitä kannattavampia sähköbussit ovat. Lisäksi sähköbusseilla operoiminen on dieselbusseja kannattavampaa kaikista haastavimmilla reiteillä, kuten nykyisellä Tampereen joukkoliikenteen Särkänniemen linjalla 2 Pyynikintori-Rauhaniemi. Kuten edellisistä taulukoista selviää, niin sähköbussien operoidessa 15 vuoden elinkaarensa aikana vastaavan määrän ajokilometreinä dieselbussin kanssa, ovat sähköbussin operointikustannukset vain

noin 50 prosenttia dieselbussin operointikustannuksista. Vastaavasti huoltokustannukset olisivat dieselbussilla noin 20 prosenttia alhaisemmat sähköbussin huoltokustannuksiin verrattuna.

Vaikka sähköbussit eivät ehkä tällä hetkellä ole niin luotettavia ja niillä ei ainakaan vielä pystytä operoimaan yhtä paljon kuin dieselbusseilla, on hyvä kuitenkin huomioida myös pehmeiden arvojen vaikutus. Kuten tämän luvun sähkö- ja dieselbussien elinkaarikustannusten vertailuista selviää, niin sähköbussit eivät käytännössä saastuta ympäristöä ollenkaan eikä niistä tule myöskään meluhaittoja. Lisäksi on tärkeää huomioida, että nykyiset viimeisimmällä moottoritekniikalla varustellut Euro6-luokan dieselbussit ovat huomattavasti ympäristöystävällisimpiä vanhempiin malleihin verrattuna. Siltikään edes Euro6-luokan dieselbussit eivät pääse lähellekään sähköbussien ympäristöystävällisyyttä.

## 6 SÄHKÖ- JA DIESELBUSSIEN SWOT

SWOT-lyhenne tulee englanninkielisistä sanoista strengths (S), weaknesses (W), opportunities (O) ja threats (T). SWOT-analyysi on hyvin käytännöllinen kvalitatiivinen tutkimusmenetelmä selvittämään ilmiötä neljästä näkökulmasta; vahvuudet, heikkoudet, mahdollisuudet ja uhat (kuvio 4). Tämän nelikentän pohjalta voidaan osoittaa konkreettisia toimenpiteitä, joilla vahvuuksia voidaan vahvistaa, heikkouksia korjata, mahdollisuuksia hyödyntää ja uhkiin varautua. SWOT-menetelmässä yksi ja sama ilmiö voi kuulua myös useampaan kuin yhteen nelikentän osioon eli se voi olla vahvuus ja heikkous samaan aikaan riippuen tarkasteltavasta näkökulmasta tai toimijasta (Heinonen ym. 2003, 4–5). Tämä on täysin luonnollista, koska asioiden arvioiminen on subjektiivista, eli kun joku näkee jossain asiassa mahdollisuuksia, toinen saattaa nähdä saman asian uhkana. (Lindroos & Lohivesi 2004, 217).



Kuvio 4. SWOT-analyysialusta.

SWOT-analyysissa vahvuudet ja heikkoudet kytkeytyvät yleensä tarkasteltavien ilmiöiden sisäisiin ominaisuuksiin, kun taas mahdollisuudet ja uhat edustavat puolestaan enemmän ulkoisia tekijöitä (Heinonen ym. 2003, 5). SWOT-analyysia eli organisaation vahvuuksien, heikkouksien, mahdollisuuksien ja uhkien arvioimista voidaan käyttää moneen eri tarkoitukseen. SWOT-analyysin kohteena voi olla oma toiminta koko laajuudessaan, oman toiminnan

tai jonkin tuotteen tai palvelun asema ja kilpailukyky tai vaikkapa jonkun kilpailijan toiminta ja kilpailukyky. Tärkeätä on rajata se, mitä kulloinkin arvioidaan, jotta tulokset olisivat vertailukelpoisia. (Lindroos & Lohivesi 2004, 217)

Samantapaisista asioista voi tehdä myös useampia taulukoita, koska muuten lopputuloksien analysointi ja vertaileminen voi olla varsin sekavaa. Näin ollen tämänkin tutkimuksen kannalta varsin järkevää on tehdä rinnakkain kaksi SWOT-taulukkoa. Ensimmäiseen sisällytetään ainoastaan dieselbusseja koskevia asioita ja jälkimmäiseen vain sähköbusseja koskevat asiat. Lopuksi molempien taulukoiden sisältöjä verrataan keskenään, jonka myötä tuloksista saadaan luotettavampia ja läpinäkyvämpiä.

Saadakseni lisätietoja ja kokonaisvaltaisen ymmärryksen kasvattamiseksi suoritin myös SWOT-analyysiin pohjautuvan kyselyn TKL:n henkilöstölle. SWOT-analyysi muodostuu nelikenttäisesti arviointitaulukosta, joka jakaantuu *vahvuuksiin, heikkouksiin, mahdollisuuksiin ja uhkiin*. Tutkimus antoi erittäin tärkeää näkemystä ja kokemusta linja-autonkuljettajilta sekä hallinnon johtoportaalta. Lisäksi tein jaottelua nelikenttien sisällä, joka jakaantuu seuraavasti; *lainsäädäntö ja politiikka, teknologia ja huollettavuus, kustannukset ja taloudellisuus, käytettävyys ja toiminnollisuus, turvallisuus sekä ympäristöystävällisyys*. Tämä jaottelu on perusteltua mahdollisimman laadukkaan tietojen jäsentelyn ja vertailemisen vuoksi.

## 6.1 Dieselbussin SWOT

Tässä alaluvussa käsitellään dieselbussin SWOT-analyysin (taulukko 10) vahvuuksia, heikkouksia, mahdollisuuksia ja uhkia.

### Vahvuudet

SWOT-analyysissa dieselbussin vahvuuksiksi nousi merkittävässä määrin *teknologian ja huollettavuusjaottelun* sisällä luottamus dieselbussien teknologiaan ja tarvittaessa organisaation omaan huolto-osaamiseen. Tätä kuvastaakin osuvasti seuraavat kyselyyn vastanneiden kommentit: ”*Luotettava ja koeteltu teknologia*” ja ”*luotettavia kaikissa olosuhteissa*” sekä ”*huolto- ja ylläpidon tuntemus omassa ja avustavissa organisaatioissa*”. Lisäksi monissa vastauksissa vahvuutena esiin nousi teknologian riippumattomuus erillisistä latauspaikoista. *Kustannusten ja taloudellisuuden* osa-alueissa vahvuuksina koettiin erityisesti olevan elinkaari- ja käyttökustannusten ennakoitavuus sekä edullisempi hankintahinta.

Vastaajat olivat erittäin yksimielisiä dieselbussien *käytettävyyden ja toiminnollisuuden* vahvuuksista. Useimmissa vastauksissa korostettiin dieselbussien kykyä operoida pidemmillä reiteillä ja tankkausmahdollisuuksista: ”Yhdellä dieseltankkauksella ajaa vaikka 1 000 kilometriä ja tankkauspisteitä on myös vierivieressä”. Vastaajilla tuntui olevan hieman vaikeuksia löytää *turvallisuuden ja ympäristöystävällisyyden* osioon vahvuuksiin lukeutuvia asioita. Kuitenkin muutama vastaajista koki dieselbussien olevan turvallisempia mahdollisissa kolaritilanteissa. Mielenkiintoisena asiana yksi vastaajista koki metelin olevan dieselbussin yksi vahvuuksista: ”Meteli auttaa ihmisiä väistämään”. *Lainsäädännön ja politiikan* osa-alueiden vahvuuksiin ei tullut kommentteja.

### Heikkoudet

SWOT-kyselyyn vastanneista osa piti koko ajan tiukentuvien ympäristönormien vaatimuksia sekä poliittista painetta erityisinä heikkouksina *lainsäädännön ja politiikan* osa-alueissa: Puolestaan *teknologian ja huollettavuuden* heikkoutena vastaajat kokivat ensisijaisesti renkaiden epätasaisemman kulumisen ja suuremman huollon tarpeen sähköbusseihin verrattuna. *Kustannusten ja taloudellisuuden* osa-alueissa merkittävä enemmistö mainitsi heikkoudeksi polttoaineen eli dieselin korkean hinnan ja hinnan vaihteluun sisältyvät riskit. Dieselbussien *käytettävyyden ja toiminnollisuuden* heikkoutena käytännössä kaikki vastaukset koskivat lähinnä joko epätasaista kyytiä, korkeaa melutasoa tai huonoa kiihtymistä.

*Turvallisuudessa* vastaajat eivät kokeneet olevan heikkouksia, mutta *ympäristöystävällisyydestä* löytyikin huomattava määrä heikkouksia, jotka liittyivät pääosin dieselbussien korkeisiin päästötasoihin ja yleiseen saastuttamiseen. Yksi vastaajista mainitseekin selvästi: ”Ympäristö saastuu pahemmin pakokaasuista ja polttoainevuodoista”. Sen sijaan ympäristöystävällisyyden heikkouksien joukosta löytyy myös valoisampia kommentteja: ”Diesel on joidenkin piirien mielestä saastuttavaa, mutta toisaalta on olemassa myös biodieseliä” ja ”Euro6 autot ovat hiukkasten kannalta aika puhtaita jo”.

### Mahdollisuudet

SWOT-analyysin *lainsäädännön ja politiikan* sekä *turvallisuuden* mahdollisuuksista ei tullut vastaajilta kommentteja. Sen sijaan *teknologian ja huollettavuuden* osa-alueissa vastaajat kokivat dieselbusseissa olevan positiivisia mahdollisuuksia ennen kaikkea verrattuna sähköbus-



seihin: ”*Pakko pitää varalla dieseleitä, jos tulee häiriöitä sähköbussseihin*” ja ”*jos loppuu sähkö, niin diesel kulkee*”. Lisäksi mahdollisuuksia koettiin olevan tankkauspaikkojen suuri määrä ja varaosien helppo saatavuus.

*Kustannusten ja taloudellisuuden* osa-alueissa mahdollisuuksista nousevat erityisesti dieselbussien halvempi hankintahinta ja halvemmat varaosat sekä uusien autojen myötä polttoaineen kulutuksen väheneminen, josta yksi vastaajista kommentoikin osuvasti: ”*Polttoaineen kulutusta on vuosien aikana saatu pienennettyä kehittyneen moottoritekniikan ansiosta*”. Kuten vahvuuksien käytettävyyden ja toiminnollisuuden osiossa, niin myös mahdollisuuksissa vastaajat kokivat dieselbussien operointimahdollisuuksien ja reittivalintojen olevan joustavaa suhteessa sähköbussseihin. Lisäksi dieselbussien käytettävyydestä oltiin hyvin yksimielisiä ja yksi vastaajista kuvaileekin luottavaisesti: ”*Dieselbussit ovat tällä hetkellä parempia kuin ikinä aikaisemmin!*”. Vastaajien mielestä ympäristöystävällisyyden mahdollisuudeksi nousi ensisijaisesti päästöjen väheneminen tulevaisuudessa ja yksi vastaajista kuvaileekin asiaa optimistisena tulevaisuuden näkymistä: ”*Jatkuvasti kehittyvät ympäristöystävällisemmät ja polttoainetaloudellisemmat moottorit*”.

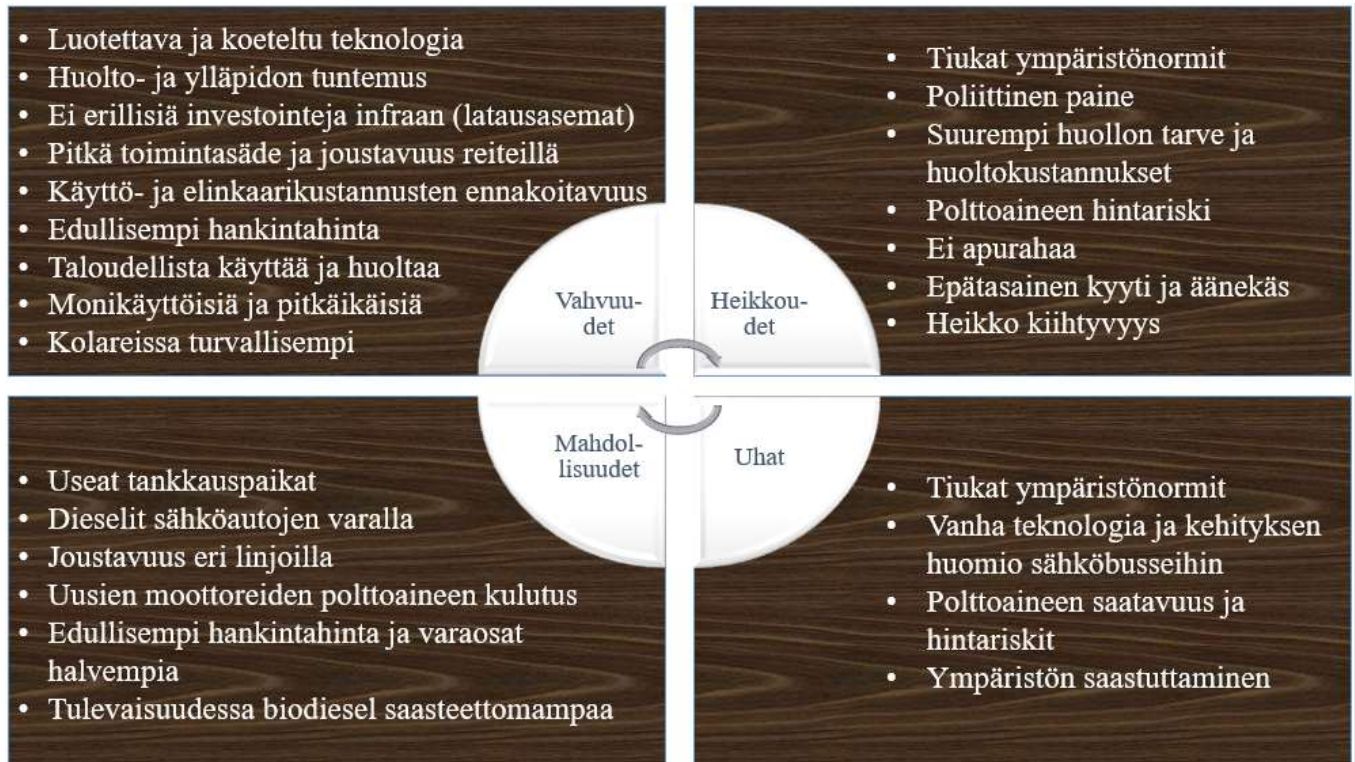
## Uhat

SWOT-analyysin uhat osioon lukeutuvien käytettävyyden ja toiminnollisuuden sekä turvallisuuden jaotteluihin ei vastaajilla ollut kommentoitavaa. Sen sijaan lainsäädännön ja politiikan osioiden merkittävimmät mielipiteet liittyivät pääosin tiukentuvien päästönormien uhkanäkymiin: ”*Päästörajoitukset kiristyvät tulevaisuudessa, varsinkin suurissa kaupungeissa*” ja ”*tiukkenevat päästörajoitukset tekevät uusista autoista yhä kalliimpia ja huonommin kulkevia*”. Vastaajat kokivat teknologian ja huollettavuuden osion uhkina ensisijaisesti dieselbussien huoltotarpeiden ja materiaalien hankinnan sekä vanhan teknologian, josta mielenkiintoisimpana kommenttina esiin nousi: ”*Teknisen kehityksen jääminen vähemmälle huomiolle valmistajien keskittyessä sähköbussien kehittämiseen*”.

Polttoaineen hinnan vaihteluun sisältyvän hintariskin vastaajat kokivat pääosin uhkana *kustannusten ja taloudellisuuden* osa-alueissa: ”*Polttoaineen hinta voi nousta tulevaisuudessa, jos öljy vähenee ja sen etsintä käy kalliimmaksi*”. Vastaajien mielestä ympäristöystävällisyyden merkittävimmäksi uhkakuvaksi nousi polttoaineen rajoittaminen maailmanlaajuisesti ja yleensäkin fossiilisten polttoaineiden loppuminen. Myös ympäristön saastuttamista pidettiin

uhkana: ”Vaikka dieselbusseihin on nykyään kehitetty varsinkin Euro6-moottori, niin kuitenkin vielä polttoaineet tai päästöt huonontavat meidän ympäristöämme”.

Taulukko 10. Tiivistelmä dieselbussien SWOT-analyysistä



## 6.2 Sähköbussin SWOT

Tässä alaluvussa käsitellään sähköbussin SWOT-analyysin (taulukko 11) vahvuuksia, heikkouksia, mahdollisuuksia ja uhkia.

### Vahvuudet

SWOT-analyysissä sähköbussin vahvuuksiksi nousivat *kustannukset ja taloudellisuuden* osaluissa suhteellisen yksimielisinä mielipiteinä sähkön edullinen hinta, jonka myötä sähköbussien ajaminen on edullisempaa verrattuna dieselbusseihin ja näistä kuvaavimpana kommenttina: ”Teoreettiset käyttökustannukset edulliset pohjautuen käyttövoimana olevan sähkön hinnan etuihin”. Lisäksi tukivarojen helpompaa saatavuutta verrattuna dieselbusseihin pidettiin vahvuutena.

*Käytettävyyden ja toiminnollisuuden* osion vahvuuksiin lukeutuivat vastaajien mielestä muiden muassa hiljaisuutta, kiihtyvyyttä, ketteryyttä ja tasaisempaa ajettavuutta. Myös matkustamisen koettiin olevan vahvuus, joka on erityisen tärkeä ominaisuus varsinkin matkustajille. Mielenkiintoisimmat kommentit olivat muiden muassa: ”*Sähköbussi on hyvä ajaa, koska on päästötön, hiljainen ja tottelee hyvin kaasua sekä täällä pystytään liikkumaan hyvin*” ja lyhyesti yksinkertaisesti mainittuna ”*hyvä työkalu*”. Vastaajien mielipiteistä *ympäristöystävällisyyden* vahvuuksiin liittyen merkittävimmin asioina esille nousi varsinkin saasteettomuus ja *ympäristöystävällisyys*. *Lainsäädännön ja politiikan sekä turvallisuuden, teknologian ja huollettavuuden* vahvuuksista ei tullut kommentteja.

## Heikkoudet

SWOT-analyysin *lainsäädännön ja politiikan sekä ympäristöystävällisyyden* heikkouksista ei tullut vastaajilta kommentteja. Sen sijaan *teknologian ja huollettavuuden* heikkouksia löytyi vastaajien mielestä enemmänkin, joista suurin osa liittyi sähköbussien infraan liittyviin vaatimuksiin ja erilaisiin riskeihin, joista tärkeimpinä voidaan pitää sähköbussien latauspaikkojen rakentamista ja niiden riittävyyttä sekä sähköntuottamista näille paikoille. Myös luottamuksen puute uuteen teknologiaan liittyen nousi esille monen vastaajan mielipiteistä: ”*Uuden teknologian lapsentaudit*”, ”*vikojen korjauksiin on vaikea löytää ammattitaitoa ja varaosia*”, ”*akuketeknologia ei ole vielä saavuttanut riittävää pakkaskestävyyttä*” ja ”*akkujen kestoikä arvioitus*”.

Vastaajat olivat erittäin yksimielisiä *kustannukset ja taloudellisuuden* osa-alueissa, että sähköbussit hankintahinta ja akut ovat erittäin kalliita. Lisäksi huoltotoimenpiteitä ja varaosia pidettiin kalliimpina dieselbusseihin verrattuna. *Käytettävyyden ja toiminnollisuuden* osioon vastaajat kokivat monia heikkouksia ja niistä merkittävimmät mielipiteet liittyivät yleisesti sähköbussien lyhyeen toimintasäteeseen ja operoitavien reittien joustamattomuuteen, koska latauspaikkoja ei ole riittävästi ja akkujen toimintasäde ei ole myöskään riittävän korkea. Lisäksi osa vastaajista koki sähköbussien lämmityksen heikkoutena: ”*Lämmitysjärjestelmä kovaaääninen*” ja ”*jos webaston polttoaine loppuu, niin kylmä tulee*”. Mahdollisten kolaritilanteiden ja eritoten peräänajotilanteiden mahdolliset sähköiskut, räjähdykset ja tulipalovaarat vastaajat kokivat yleisimpinä heikkouksina *turvallisuuteen* liittyen. Yhden vastaajan mielestä myös sähköbussien hiljaisuutta voidaan pitää turvallisuusriskinä: ”*Hiljaisuus on vaaraksi tien yli loikkijoille*”.

## Mahdollisuudet

SWOT-analyysin *käytettävyyden ja toiminnollisuuden sekä turvallisuuden* mahdollisuuksista ei tullut vastaajilta kommentteja. *Lainsäädännön ja politiikan* osioiden mahdollisuuksista esiin nousi lähinnä tyytyväisyys sähköbussien päästövaatimuksiin: ”*Päästövaatimukset ei rahoita sähköbussien käyttöä edes kaupungissa*”. Osa vastaajista piti sähköbussien mahdollisuutena sitä, että sähköbussit ovat poliitikkojen mieleen, joten sähköbusseja tulee olemaan kaupungeissa.

*Teknologian ja huollettavuuden* mahdollisuuksia vastaajien mielipiteistä löytyi runsaasti ja useat kommentteista liittyivät sähköbussien tulevaisuuden näkymiin: ”*Tämä on kuitenkin tulevaisuuden tekniikkaa ja siihen kannattaa panostaa*”, ”*näyttää saavan arvostusta ja suosittelaa enemmän tulevaisuudessa*”, ”*akkujen kehittyessä ovat edullista, saasteetonta ja hiljaista matkantekoa*” ja ”*latausasemien lisääntyessä käyttömahdollisuudet eri linjoilla paranevat*”. Myös *kustannukset ja taloudellisuuden* osa-alueiden mahdollisuudet liittyivät sähköbussien tulevaisuuden näkymien ja teknologian kehittymisen odotusarvoihin: ”*Määrä tulee tulevaisuudessa varmasti lisääntymään, kun hankintakustannukset pienenevät ja tekniikan luotettavuus sekä tunnettavuus kasvaa*”. Puolestaan uusiutuvien energialähteiden suosion kasvu nousi esille *ympäristöystävällisyyden* mahdollisuuksissa.

## Uhat

SWOT-analyysissa sähköbussin uhiksi *lainsäädännön ja politiikan sekä ympäristöystävällisyyden* osioissa ei pahemmin kommentteja vastaajilta tullut, mutta muutama mielipiteistä liittyi ympäristöjärjestöjen pyrkimykseen estää uusien ydinvoimaloiden rakentamiset. *Teknologian ja huollettavuuden* uhkanäkymiin tuli sen sijaan huomattavasti enemmän kommentteja, jotka suurimmaksi osaksi liittyivät uuden teknologian luottamuksen puutteeseen: ”*Vastoin käymisten tuoma rekyyli – palataan luotettavaksi koettuun dieselbussiin*”, ”*akuteknologian toivottua hitaampi kehitys*”, ”*tekniikan monimutkaistuessa ongelmat lisääntyvät*”. Lisäksi osa vastaajista koki, että sähkömoottoreiden kestävyys Skandinavian sääolosuhteissa sekä latausaseman vikaantuminen ja sähköbussien käyttökeltottomuus korjausajan voivat tuottaa uhkailanteita.

*Kustannukset ja taloudellisuuden* osa-alueiden uhista suurin osa vastaajien mielipiteistä liittyi pääosin sähköbussien korkeaan hankintahintaan, kalliiseen lataamiseen ja sähköenergian hin-

tariskeihin. Sähköbussien *käytettävyyden ja toiminnollisuuden* osioiden uhkanäkymistä merkittävin osa liittyi puolestaan energian jakeluun liittyviin riskeihin ja sähkön saatavuuteen poikkeustilanteissa. Myös akkujen lyhytikäisyyttä ja sähköbussien rajoitettuja reittejä pidettiin uhkana. Mahdollisessa onnettomuustilanteessa akkujen käyttäytymisen osa vastaajista koki olevan uhkana *turvallisuuteen* liittyvässä osiossa.

Taulukko 11. Tiivistelmä sähköbussien SWOT-analyysistä



### 6.3 SWOT – analyysien vertailu

Tässä alaluvussa vertaillaan diesel- ja sähköbussien SWOT-analyysien (taulukot 10–11) vahvuuksia, heikkouksia, mahdollisuuksia ja uhkia toisiinsa.

#### Vahvuudet

Vastaajilta ei saatu yhtään kommenttia diesel- ja sähköbussien vahvuuksien *lainsäädännön ja politiikan* osioihin. Sen sijaan *teknologian ja huollettavuusjaottelussa* erityisesti luottamus dieselbussien teknologiaan ja omaan osaamiseen nousi vastauksista selvästi suurimpana vahvuutena. Lisäksi teknologian riippumattomuutta latauspaikoista pidettiin vahvuutena suhteessa sähköbussisiin. *Käytettävyyden ja toiminnollisuuden* osioissa hiljaisuus ja tasaisempi ajat-

tavuus sekä asiakastyytyväisyyden näkökulmasta ajateltuna yksi tärkeimmistä ominaisuuksista itse matkustaminen koettiin vahvuutena sähköbussien vahvuudeksi. Puolestaan dieselbussien vahvuutena korostui reittien joustavuus ja kyky operoida pidemmillä reiteillä sekä hyvät tankkausmahdollisuudet.

*Kustannusten ja taloudellisuuden* osa-alueissa dieselbussien vahvuuksina pidettiin elinkaari- ja käyttökustannusten ennakoitavuutta sekä edullisempaa hankintahintaa. Kun taas sähköbussien vahvuus katsottiin olevan ensisijaisesti operointikustannuksissa sähkön edullisuuden vuoksi suhteessa polttoainekustannuksiin. *Turvallisuuden ja ympäristöystävällisyyden* osioissa vastaajat pitivät dieselbussien vahvuutena niiden turvallisuutta mahdollisissa kolaritilanteissa, ympäristöystävällisyyteen ei tullut kommentteja. Sähköbusseissa vahvuuksia ei löytynyt turvallisuusosiossa, mutta useissa kommentteissa saasteettomuus ja ympäristöystävällisyys nousivat merkittäviksi sähköbussien vahvuuksiksi.

## **Heikkoudet**

SWOT-kyselyyn vastanneet pitivät merkittävänä dieselbussien heikkoutena koko ajan tiukentuvien ympäristönormien vaatimuksia sekä poliittista painetta *lainsäädännön ja politiikan* osa-alueissa. Sähköbusseissa edellä mainittuja heikkouksia ei koettu olevan. Sen sijaan *teknologian ja huollettavuuden* osioihin heikkouksia löytyi vastaajien mielestä enemmänkin, joista suurin osa liittyi sähköbussien infraan liittyviin vaatimuksiin ja erilaisiin riskeihin, joista tärkeimpinä voidaan pitää sähköbussien latauspaikkojen rakentamista ja niiden riittävyttä sekä sähköntuottamista näille paikoille. Dieselbussien heikkoudeksi nousi ensisijaisesti renkaiden epätasaisempi kuluminen ja suurempi huollon tarve sähköbusseihin verrattuna. Tätä voidaan mielestäni pitää hieman kyseenalaisena, koska sähköbussit ovat operoineet vasta vuoden verran, joten tietämys teknologian ja huollon tarpeesta tulevaisuudessa ei ole vielä tiedossa. Mitä enemmän uutta teknologiaa, niin sitä epävarmempaa niiden käyttäytyminen tässä vaiheessa vielä on. Itse asiassa vastaajien kommentit sähköbussien heikkouksista liittyi myös edellä mainitsemiini asioihin. Monet vastaajat kokivat luottamuksen puutteen uudessa teknologiassa sekä riittävän ammattitaidon ja varaosien hankkimisen heikkoutena.

*Kustannusten ja taloudellisuuden* osa-alueissa merkittävä enemmistö mainitsi dieselbussien heikkoudeksi operointikustannukset eli dieselin korkean hinnan ja hinnan vaihteluun sisältyvät riskit. Sen sijaan sähköbussien heikkoudeksi nousi hankintahinta ja akkujen korkea hinta. *Käytettävyyden ja toiminnollisuuden* osioissa vastaajat kokivat sähköbussien heikkouksina



lyhyen toimintasäteen ja operoitavien reittien joustamattomuuden. Puolestaan dieselbussien heikkoudeksi nousivat epätasaista kyyti, korkea melutaso ja huono kiihtyminen. Dieselbussien *turvallisuudessa* vastaajat eivät kokeneet olevan heikkouksia, kun taas mahdollisia kolari tilanteita pidettiin suurena sähköbussien heikkoutena. Myös hiljaisuutta pidettiin mahdollisena turvallisuuden riskitekijänä. *Ympäristöystävällisyyden* osiossa heikkouksia koettiin olevan vain dieselbussien korkeat päästötasot ja yleinen saastuttaminen.

## **Mahdollisuudet**

SWOT-analyysin *lainsäädännön ja politiikan sekä turvallisuuden* dieselbussien mahdollisuuksista ei tullut vastaajilta kommentteja. Myöskään sähköbussien turvallisuusosion mahdollisuuksista ei ollut kommentoitavaa. Kuitenkin sähköbussien *lainsäädännön ja politiikan* osioissa pidettiin tyytyväisyyttä sähköbussien päästövaatimuksissa mahdollisuutena. *Teknologian ja huollettavuuden* osa-alueissa luottamus dieselbussien nykyisin käytössä olevaan teknologiaan ja varaosien saatavuuteen koettiin merkittävänä mahdollisuutena verrattuna sähköbusseihin. Sen sijaan sähköbussien uudella teknologialla nähtiin olevan positiivisia mahdollisuuksia tulevaisuudessa.

Myös *kustannukset ja taloudellisuuden* osa-alueiden mahdollisuudet liittyivät sähköbussien tulevaisuuden näkymien ja teknologian kehittymisen odotusarvoihin. Kun taas dieselbussien mahdollisuuksista esiin nousivat erityisesti alhaisempi hankintahinta ja varaosat sekä uusien autojen myötä polttoaineen kulutuksen väheneminen. *Käytettävyyden ja toiminnollisuuden* osioissa vastaajat kokivat dieselbussien operointimahdollisuuksien ja reittivalintojen olevan merkittävästi joustavampaa verrattuna sähköbusseihin. Vastaajien mielestä dieselbussien *ympäristöystävällisyyden* mahdollisuutena katsottiin olevan päästöjen väheneminen tulevaisuudessa, kun moottoritekniikat entisestään kehittyvät. Uusiutuvien energialähteiden suosion kasvu nousi puolestaan esille sähköbussien mahdollisuuksissa.

## **Uhat**

SWOT-analyysin dieselbussien uhat osioon lukeutuvien *käytettävyyden ja toiminnollisuuden sekä turvallisuuden* jaotteluihin ei vastaajilla ollut kommentoitavaa. Puolestaan sähköbussien *käytettävyyden ja toiminnollisuuden* osioiden uhkanäkymistä merkittävin osa liittyi puolestaan energian jakeluun liittyviin riskeihin ja sähkön saatavuuteen poikkeustilanteissa. Myös akkujen lyhytikäisyyttä ja sähköbussien rajoitettuja reittejä pidettiin uhkana. Akkujen käyttäy-

tyminen mahdollisissa onnettomuustilanteissa tuntui nousevan sähköbussien uhkanäkymien turvallisuusriskiksi. Sähköbussin uhaksi *lainsäädännön ja politiikan sekä ympäristöystävällisyyden* osioissa ei pahemmin kommentteja vastaajilta tullut, mutta muutama mielipiteistä liittyi ympäristöjärjestöjen pyrkimykseen estää uusien ydinvoimaloiden rakentamiset. Sen sijaan dieselbussien *lainsäädännön ja politiikan* osioiden merkittävimmät mielipiteet liittyivät pääosin koko ajan tiukentuvien päästönormien uhkanäkymiin. Ympäristöystävällisyyden merkittävimmäksi dieselbussien uhkakuvaksi nousi polttoaineen rajoittaminen maailmanlaajuisesti ja fossiilisten polttoaineiden loppuminen.

Dieselbussien *teknologian ja huollettavuuden* osion uhkina ensisijaisesti esiin nousivat huoltotarpeet ja materiaalien hankinnat sekä vanha teknologia. Lisäksi huomion kiinnittäminen sähköbussien teknologioiden kehittämiseen dieselbussien teknologian kehittämisen sijaan koettiin uhkana. Vastaavasti sähköbussien suurimmaksi uhkanäkymäksi nousi luottamuksen puute uuteen teknologiaan. Lisäksi ulkoisista tekijöistä eritoten Skandinaaviset olosuhteet sekä latausasemien vikaantumiset ja mahdolliset laajemmat sähköntuotannon ongelmat koettiin mahdollisina uhkatekijöinä. Sähköbussien *kustannukset ja taloudellisuuden* osa-alueiden uhista mielipiteet liittyivät ensisijaisesti korkeaan hankintahintaan, kalliiseen lataamiseen ja sähköenergian hintariskeihin. Myös dieselbussien hinnan vaihtelu nousi esille vastaajien mahdollisena uhkatilanteena. Vastaajien mielestä *ympäristöystävällisyyden* osion merkittävimpänä uhkana koettiin olevan dieselbussien ympäristön saastuttaminen.

Lisäksi kuljettajien mielipiteitä diesel- ja sähköbussista on kerätty muiden muassa sanomalehtien haastatteluista. Esimerkiksi Tampereen kaupungin henkilöstölehti *Vilkussa* (2/2017) on haastateltu yhtä kuljettajaa, joka on yksi sähköbussien ajoon koulutetuista noin neljästäkymmenestä kuljettajasta. Matti Juuso (2017, 12) kuvaileekin mielenkiintoisena asiana: ”*Sähköbussia on miellyttävä ajaa. Tämä lähtee helposti liikkeelle, bussi ei juuri nyi eikä rytise. Koska bussissa on napamoottorit, ei vaihtamisia tarvita. Bussissa on paljon uutta tekniikkaa, kuten kosketusnäyttöinen mittaristopaneeli. Kaasu ja jarru bussista kyllä löytyvät*”. Lisäksi Matti Juuso kertoo (2017, 12) haastattelussa: ”*Myös muut sähköbussia ajavat kuljettajat ovat olleet tyytyväisiä sähköbussin ajo-ominaisuuksiin*”. Tämäkin haastattelu kuvastaa varsin hyvin jo edellä olevista SWOT-taulukoista ilmi tullutta sähköbussien ajomukavuutta. Täytyy tietenkin korostaa ja huomioida, että haastattelussa on todellisuudessa saatu varmistus vain kyseisen kuljettajan mielipiteestä liittyen sähköbussin ajomukavuuteen eikä todellista tietoa muiden kuljettajien mielipiteestä ole saatavilla SWOT-taulukoissa saatujen tietojen lisäksi.



## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Kuten johdannossa mainittiin, niin Euroopan unionissa on 2030-luvulle asti asetetut ilmasto- ja energiapolitiikan tavoitteet, joista keskeisimpänä on kasvihuonekaasupäästöjen vähennys 40 prosentilla 1990-luvun päästötasosta. Kasvihuonekaasujen lisääntymistä pidetään seurauksena ensisijaisesti ihmisten toiminnoista, joista merkittävimpana pidetään fossiilisten polttoaineiden käyttöä. Kestävän kehityksen yleisperiaatteissa puolestaan mainitaan jokaisen valtion olevan ensisijaisesti itse vastuussa asukkaidensa henkisistä, yhteiskunnallisista ja taloudellisista hyvinvoinneista. Suomen kansallisessa energia- ja ilmastostrategiassa linjataankin kestävään kehitykseen sisältyviä toimia, joilla tavoitellaan hallitusohjelman sekä EU:n tavoitteiden saavuttamista vuoteen 2030 ja kasvihuonekaasupäästöjen vähennystä 80–95 prosentilla vuoteen 2050 mennessä. Kuitenkin näiden päästötavoitteiden saavuttaminen vaatii yhä useampien valitsevan henkilöautojen sijasta toisenlaisen kulkuneuvon tai vastaavasti kaupunkiseuduilla päästöjä pyritään hillitsemään parhaiten vahvalla joukkoliikennejärjestelmällä.

Tampereen vuoden 2025 kaupunkistrategiassa korostettiin älykästä ja kestäväää liikennettä sekä tiivistä, vihreää ja vähähiilistä yhdyskuntarakennetta. Yhtenä keinona vastata kaikkiin näihin tavoitteisiin voidaan pitää sähköistä liikennettä, sillä se vähentää liikenteestä syntyviä ympäristöpäästöjä, alentaa liikenteestä syntyviä operointikustannuksia sekä parantaa erityisesti kaupunkialueiden viihtyisyyttä, kuten tästäkin tutkimuksesta selviää. Aiemmissa luvuissa tuli mainittua, että Tampere on valinnut valtakunnallisen suunnannäyttäjän roolin, jolla tehdään Tampereen alueesta kokonaisvaltainen sähköisen liikenteen edistäjä. Tampere myös tavoittelee kansallista ja jopa kansainvälistä sähköisen liikenteen johtajan asemaa sekä pyrkii luomaan Tampereelle merkittävää sähköisen liikenteen osaamiskeskittymää. Edellä mainittujen asioiden lisäksi on syytä korostaa, että sähköiseen liikenteeseen panostaminen ja edelläkävijänä toimiminen Suomessa sähköautoilussa ja latausinfrastruktuurirakentamisessa voi tuoda kaupungille merkittäviä imagohyötyjä.

Tampereen joukkoliikenteessä tapahtuukin merkittäviä muutoksia lähivuosien aikana ja osa muutoksista näkyy myös jo tällä hetkellä katukuvassa sekä vaikuttaa asukkaiden arkeen. Ympäristöihin liittyvät kysymykset, laajeneva digitalisaatio ja maailmanlaajuinen kaupungistumiseen suuntautuvat trendit luovat taustoja, jotka vaikuttavat suuresti myös Tampereen seudun joukkoliikenteen suunnitteluun ja kehittämiseen. Tästä tutkimuksesta ilmenee, että liikenne ja erityisesti joukkoliikenne on yksi keskeisimmistä ilman saastumiseen ja kasvihuonekaasu-

päästöihin vaikuttavista tekijöistä. Tämän vuoksi liikennesuunnittelussa painotetaan mahdollisimman kestäviä liikkumismuotoja. Joukkoliikenteen voidaan katsoa olevan näistä keskeisin. Tampereen seudulla bussit muodostavat joukkoliikenteen rungon. Kuitenkin vuonna 2021 liikennöinnin aloittava raitiotie tulee varmastikin olemaan joukkoliikenteen yksi selkärankaista tulevana vuosikymmeninä, mutta bussit eivät tule poistumaan katukuvasta raitiotien liikennöinnin aloituksen jälkeenkään. Vaikka raitiotien kattavuus laajenisikin, niin se tulee saavuttamaan vain tietyn osan tamperelaisista.

Tutkimuksessa etsittiin vastausta tutkimuskysymykseen, että miten julkisten kestävän kehityksen investointien kannattavuutta voidaan arvioida? Tutkimuskysymykseen saatiin vastaus hyödyntämällä työkaluna kustannushyöty-analyysia, jonka avulla muiden muassa selvisi, että tällä hetkellä sähköbussien tekniikka eli käytännössä akun kapasiteetti ja uuden teknologian luotettavuus eivät täysin tue sähköbussien mahdollisuuksia olla niin kannattavia kuin toivottaisiin. Vuonna 2017 sähköbussit operoivat vain noin 60 prosenttia dieselbussien ajokilometreistä. Sähköbussien operoidessa 15 vuoden elinkaarensa aikana vastaavan määrän ajokilometreinä dieselbussin kanssa, ovat sähköbussin operointikustannukset vain noin 50 prosenttia dieselbussin operointikustannuksista. Täten voidaankin todeta diesel- ja sähköbussien kustannusten vertailussa yhden merkittävimmistä huomionarvoisista asioista olevan se, että mitä enemmän sähköbusseilla operoidaan suhteessa dieselbusseihin, niin sitä kannattavampia sähköbussit ovat.

Tässä tutkimuksessa vertailtiin nykYTEKNIICALtaan vähiten kuluttavaa ja vähiten päästöjä tuottavaa Euro 6-luokan dieselbussien ja sähköbussien elinkaarikustannuksia toisiinsa. Huomattavia eroja syntyi niin kovissa kuin pehmeissä arvoissakin. Jos dieselbussien elinkaarikustannuksissa olisi käytetty esimerkiksi vuonna 2017 TKL:n kaikkien dieselbussityyppien kokonaiskeskikulutusta, niin diesel- ja sähköbussien elinkaarikustannusten eli kovien ja pehmeiden arvojen erot olisivat olleet vielä merkittävästi suurempia. Vaikka sähköbussit eivät ehkä tällä hetkellä ole niin luotettavia ja niillä ei ainakaan vielä pystytä operoimaan yhtä paljon kuin dieselbusseilla, on erittäin tärkeää huomioda myös pehmeiden arvojen vaikutus. Kuten sähkö- ja dieselbussien elinkaarikustannusten luvusta 5 selviää, niin sähköbussit eivät käytännössä saastuta ympäristöä ollenkaan eikä niistä tule myöskään meluhaittoja. Lisäksi on tärkeää huomioda, että nykyiset viimeisimmällä moottoritekniikalla varustellut Euro6-luokan dieselbussit ovat huomattavasti ympäristöystävällisimpiä vanhempiin malleihin verrattuna. Siltikään edes Euro6-luokan dieselbussit eivät pääse lähellekään sähköbussien ympäristöystävällisyyttä. Näin ollen poliittisiin kysymyksiin lukeutuvat pehmeät arvot korostavatkin entisestään

sähköbussien kannattavuutta joukkoliikenteessä. Voidaankin todeta, että sähköbussien teknologian ja luotettavuuden kehittäminen tulevaisuudessa nousee tärkeään asemaan erityisesti sähköbussien kannattavuudesta puhuttaessa.

Kun mietitään ovatko sähköbussit sitten kannattavia investointeja vai sijoituksia tulevaisuuteen, liittyen myös tutkimuksen otsikkoon, on mielestäni paljolti poliittinen kysymys. Kuitenkin tämäkin tutkimus antaa suuntaviivoja, joiden mukaan sähköbussit ovat kannattavia investointeja ja erityisesti sijoituksia tulevaisuuteen kestävä kehityksen näkökulmasta katsottuna, kunhan sähköbussien teknologiaa saadaan entisestään kehitettyä. Toisaalta sähköbussien hankinta on erittäin kallista ja ne tarvitsevat ympärilleen myös kattavia latausverkostoja, joiden rakentaminen aiheuttaa merkittäviä kustannuksia kaupungille. Lisäksi sähköbussien luotettavuudesta Skandinaavisissa olosuhteissa ei ole mielestäni vielä riittävästi kokemusta. Jos Tampere aikoo saavuttaa valtakunnallisen suunnannäyttäjän roolin sähköisen liikenteen edistäjänä, niin sen täytyy tehdä huomattavia investointeja sähköisen liikenteen kehittämiseksi tulevaisuudessa. Näiden investointien toteutumiseen voidaan paljolti vaikuttaa esimerkiksi Työ- ja elinkeinoministeriön myöntämällä energiatuilla.

Saadakseni lisätietoja ja kokonaisvaltaisen ymmärryksen kasvattamiseksi suoritin myös SWOT-analyysiin pohjautuvan kyselyn TKL:n henkilöstölle. SWOT-analyysi muodostuu nelikenttäisesti arviointitaulukosta, joka jakaantuu *vahvuuksiin, heikkouksiin, mahdollisuuksiin ja uhkiin*. Kovissa arvoissa korostuivat muiden muassa sähköbussin korkeampi hankintahinta ja vastaavasti operointikustannuksien alaisuus dieselbussiin verrattuna. Lisäksi dieselbussin elinkaari- ja käyttökustannusten ennakoitavuus korostui henkilöstön vastauksista. Pehmeistä arvoista merkittävimmät liittyivät paljolti koko ajan tiukentuvien ympäristönormien vaatimuksiin ja poliittisiin paineisiin. SWOT-tutkimus antoi erittäin tärkeää näkemystä ja kokemusta linja-autonkuljettajilta sekä hallinnon johtoportaalta, jotka tukevat hyvin sähkö- ja dieselbussien elinkaarikustannuksiin liittyviä kovia ja pehmeitä arvoja.

Kestävä kehitys ja sähköisen liikenteen edistäminen ei ole ainoastaan Tampereen seudulle sijoittuva, vaan koskee koko Suomea ja saavuttaakseen EU:ssa sovitut tavoitteet vähentää kasvihuonekaasupäästöjen 80–95 prosentilla vuoteen 2050 mennessä, on sähköistä liikennettä kehitettävä huomattavasti myös valtakunnallisella tasolla. Tällä hetkellä valtion talous on saatu hieman kasvamaan ja valtion velkaantuminen vähentymään, jotka voivat mahdollistaa varojen kohdistamisen kasvavassa määrin kestäväan kehitykseen ja sähköisen liikenteen kehit-

tämiseen. Tämä on edelleenkin poliittinen kysymys, joten tulevaisuus tulee näyttämään mitkä asiat nousevat tärkeysjärjestyksessä päällimmäisiksi.

Luotettavuuden arviointia pidetään yleisesti yhtenä keskeisenä osana tutkimusta ja tutkimuksen pitäisi pyrkiä noudattamaan tutkimuksille asetettuja normeja ja arvoja, joihin liittyvät muiden muassa hyvän tieteellisen käytännön noudattaminen. Tässä tutkimuksessa noudatettiin eettisiä menetelmiä tiedonhankinnassa ja tutkimuksen validius perustuu TKL:n kalustopäälliköltä ja toimitusjohtajalta sekä dieselbussien ulkoiselta toimittajalta saatuihin tietoihin ja LIPASTO yksikköpäästötietokantaan heinäkuussa 2017 raportoituihin päästötietoihin, joten saatujen ja raportoitujen tietojen voidaan olettaa olevan ajantasaisia, päteviä ja ennen kaikkea erittäin luotettavia.

Tässä tutkimuksessa hyödynnettiin sähkö- ja dieselbussien elinkaarien kovissa arvoissa vuoden 2017 toteutuneita kustannustietoja ja arvioitiin elinkaaren seuraavien 2-15 vuosien oletettuja kustannustietoja. Vastaavasti sähkö- ja dieselbussien elinkaarien pehmeissä arvoissa hyödynnettiin LIPASTO yksikköpäästötietokantaan heinäkuussa 2017 raportoituja päästötietoja ja oletettiin päästötietojen olevan vastaavilla tasoilla koko 15 vuoden elinkaaren ajanjakson. Jatkokehitysaiheena suosittelisin, että suurin piirtein vastaavanlainen tutkimus tehtäisiin 5-10 vuoden kuluttua, jolloin sähköbussien toteutuneita kustannus- ja päästötietoja olisi saatavilla pidemmältä aikaväliltä. Lisäksi sähköbussien teknologian toimivuudesta Skandinaavisissa olosuhteissa olisi enemmän tietoa ja teknologiaa olisi mahdollisesti saatu kokonaisvaltaisemmin kehitettyä eteenpäin. Tällöin oltaisiin entistä tietoisempia siitä, onko sähköisen joukkoliikenteen kehityksessä huomioitu kestävän kehityksen näkökulmat ja ennen kaikkea ovatko sähköbussit kannattavia investointeja vai sijoituksia tulevaisuuden joukkoliikenteessä.

# LÄHTEET

## Kirjallisuus

Ahmadi, P., Cai, X.M. & Khanna, M. (2018). Multicriterion optimal electric drive vehicle selection based on lifecycle emission and lifecycle cost. *International Journal of Energy Research*. 03/2018. Osa 42. Numero 4. 1496–1510.

Anttila, Reija, Halonen, Jari, Jalkanen-Steiner, Johanna, Kemppinen, Olli, Kärpänen, Milla, Nurmo, Pekka, Penttilä-Räty, Elina, Pyykönen, Riikka-Liisa, Sundvik, Peter, Suomela, Mari, Tolvanen, Merja, Torkkel, Timo, Torniainen, Tiina, Tuomala, Margit (2009). *IFRS – Käytännön käsikirja*. 2. uudistettu painos. Helsinki: Edita Prima Oy.

Aro, Timo, von Hertzen, Nina, Jalava, Janne, Virtanen, Petri & Niittyniemi, Jaana (2007). *Yksilöt ja ESR-projektien työllisyyspolut. Selvitys työhallinnon työttömille suunnattujen ESR-projektien yksilöpohjaisesta työllisyysvaikuttavuudesta*. Helsinki: Työministeriö.

Aromäki, Kirsi, Halonen, Virpi, Jalkanen, Johanna, Seppänen, Veijo, Skogberg, Mira, Sundvik, Peter, Tolvanen, Merja, Torkkel, Timo, Torniainen, Tiina, Tuomala, Margit & Viljanen, Juhani (2004). *IAS/IFRS – Käytännön esimerkein*. Helsinki: Edita Prima Oy.

Battke, Benedikf, Schmidt, Tobias S., Grosspietsch, David & Hoffmann, Volker H. (2013). A review and probabilistic model of lifecycle costs of stationary batteries in multiple applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Osa 25. 240–250.

Helsingin kaupunki (1995). *Kestävään Helsinkiin. Kestävän kehityksen työryhmä*. Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston julkaisuja 5/1995.

Ikäheimo, Seppo, Malmi, Teemu & Walden, Risto (2016). *Yrityksen laskentatoimi*. 2016. 6. uudistettu painos. Helsinki: Talentum Media Oy.

Junka, Ilona (1986). *Rahoitusleasing investointien rahoitusmuotona*. Helsinki: ETLA.

Jäntti, Aleksi (2017). *Sinisten bussien matkassa*. Tampereen seudun joukkoliikenteen tiedotuslehti 2/2017. Tampere: PunaMusta Oy.

Kaarresalo, Toni (2007). *Kilpailuttamisvelvollisuus julkisissa hankinnoissa*. Helsinki: Edita Prima Oy.

Kalima, Kai (2001). *Julkisyhteisöjen hankintatoimi. Tutkimus julkisyhteisöjen hankintatoimen oikeussäännöistä ja – käytännöistä*. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Kasanen, Eero, Virtanen, Kalervo, Laine, Jari & Maninpalo, Ilkka (1993). *Investointitapahutuma*. Helsingin kauppakorkeakoulun julkaisuja, D-185.

Kerckänen, Anu (2010). *Ilmastomuutoksen hallinnan politiikka. Kansainvälisen ilmastokysymyksen haltuunotto Suomessa*. Tampere: Tampereen Yliopistopaino Oy – Juvenes Print.

Krogsgaard Niss, Mikkel (2016). *Experience with BYD electric buses*. Nordic Electric Bus Initiatives – seminaari 23.5.2016. City of Copenhagen.

- Kurki-Suonio, Ilmari & Heikkilä, Matti (1994). Kestävän kehityksen edellytykset Suomessa. Imatran Voima Oy:n 60-vuotisjuhlajulkaisu. Rauma: Kirjapaino Oy West Point.
- Kuusniemi-Laine, Anna & Takala, Pilvi (2007). Julkisten hankintojen käsikirja. Helsinki: Edita Prima Oy.
- Kyrö, Paula (1999). Yrittäjäyys, talous ja kestävä kehitys. Jyväskylän yliopisto. Taloustieteiden tiedekunta julkaisuja 119/1999.
- Laine, Ville & Junnonen, Juha-Matti (2006). Julkisen elinkaarihankkeen hankintaprosessi. Rakennusteollisuuden Kustannus RTK Oy.
- Lajunen, Antti (2018). Lifecycle costs and charging requirements of electric buses with different charging methods. Journal of cleaner production. 01/2018. Osa 172. 56–67.
- Levin, Henry M. (1985). Cost-effectiveness – A primer. New perspectives in evaluation. Volume 4. United States: Sage Publications.
- Lindroos, Jan-Erik & Lohivesi, Kari (2004). Onnistu strategiassa. Juva: WS Bookwell.
- Montgomery, R. & Sanches, L. (2002). Efficiency: The sustainability criterion that provides useful guidance for statistical research. Statistical Journal of the United Nations Economic Commission for Europe. Osa 19. 29–40.
- Munasinghe, Mohan (1992). Environmental Economics and Sustainable Development. Washington D.C: The World Bank.
- Ogden, Joan M., Williams, Robert H. & Larson, Eric D. (2004). Energy Policy. Osa 32. Numero 1. 7–27.
- Pesonen, Viljo (1993). Kustannus-hyötyanalyysi kunnallisessa päätöksenteossa. Tampereen yliopisto: Kunnallistutkimuksen tutkielma.
- Pirkola, Hannu (1994). Elinkeinotoimen hinta: kuntien yritystukipäätösten kustannusten ja hyötyjen arviointia. Helsinki: Suomen kuntaliitto.
- Pitkänen, Eero (1987). Kustannus-hyötyanalyysi – yhteiskunnalliset ja liiketaloudelliset näkökohdat päätöksenteossa. Espoo: Kyriiri Oy.
- Pohjonen, Mika (2006). Julkisen elinkaarihankkeen kilpailuttamisopas. Rakennusteollisuuden Kustannus RTK Oy.
- Shapiro, Alan C. (2005). Capital budgeting and investment analysis. New Jersey: Pearson Prentice Hall. Upper Saddle River.
- Squire, L. & van der Tak, H. (1975). Economic analysis of projects. The John Hopkins University.
- Suvanto, Jukka (1992). Kustannus-hyötyanalyysi ja sen käytäntöön soveltaminen. Tampereen yliopisto: Pro Gradu-tutkielma.

Tampereen Kaupunkiliikenne Liikelaitos (2016). Tampereen Kaupunkiliikenne Liikelaitos – Kertomus vuoden 2016 toiminnasta. Tampereen kaupunki.

Tuomala, Matti (2009). Julkistalous. 2. painos. Helsinki: Gaudeamus University Press.

Tzeng, G.H., Lin, C.W. & Opricovic, S. (2005). Multi-criteria analysis of alternative-fuel buses for public transportation.

Valtonen, Hannu (1987). Rationaalisen kuluttajan käsite ja kustannus-hyöty-ajattelu terveystaloustieteessä. Kuopio: Kuopion yliopiston julkaisuja. Alkuperäistutkimukset 2/1987.

Wilkki, Minna (1995). Kestävä kehitys: Lähivuosien toimenpiteitä Suomessa ja Suomen kansainvälisessä yhteistyössä. 2. korjattu painos. Helsinki: Painatuskeskus Oy.

## DIGITAALISET LÄHTEET:

Aber, Judah (2016). Electric Bus Analysis for New York City Transit. Colombia University. 1–37. Saatavissa: <http://www.columbia.edu/~ja3041/Electric%20Bus%20Analysis%20for%20NYC%20Transit%20by%20J%20Aber%20Columbia%20University%20-%20May%202016.pdf> [Viitattu 23.4.2018].

Airaksinen, Simo, Lehtinen, Vili-Vernerinen & Kataja, Antti (2015). Käyttövoimaselvitys Lahden hyötyajoneuvoliikenteen tarpeisiin. Tekes-eBusSystems-hanke. 1–36. Saatavissa: [https://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwiP0JTQINHaAhWhA-poKHaCdD4AQFggmMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.lsl.fi%2Fassets%2Fuploads%2F20151207\\_Lahden\\_K%25C3%25A4ytt%25C3%25B6voimaselvitys.docx&usq=A0vVaw3\\_rrX0uqf1Ud3BafZ-oYXr](https://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwiP0JTQINHaAhWhA-poKHaCdD4AQFggmMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.lsl.fi%2Fassets%2Fuploads%2F20151207_Lahden_K%25C3%25A4ytt%25C3%25B6voimaselvitys.docx&usq=A0vVaw3_rrX0uqf1Ud3BafZ-oYXr) [Viitattu 23.4.2018].

Asikainen, Heikki (2007). Taloudellinen arviointi julkisella sektorilla. Taloudellisen arvioinnin laskentateoreettiset ja laskentakäytännölliset ominaispiirteet, kehitys ja vuorovaikutus. Case: terveydenhuolto. Tampereen yliopisto: Licensiaatintyö. Saatavissa: <http://tampub.uta.fi/bitstream/handle/10024/76447/lisuri00059.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [Viitattu 17.4.2018].

Euroopan komissio, aluepolitiikan pääosasto: (2006). Suuntaviivat kustannus-hyötyanalyysien tekemistä varten. Menettelytapoja koskevat valmisteluasiakirjat, valmisteluasiakirja 4, 08/2006. [http://ec.europa.eu/regional\\_policy/sources/docoffic/2007/working/wd4\\_cost\\_fi.pdf](http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docoffic/2007/working/wd4_cost_fi.pdf) [Viitattu 4.11.2017].

Heinonen, Sirkka, Hietanen, Olli, Härkönen, Ene, Kiiskilä, Kati & Koskinen, Laura (2003). Kestävän kehityksen tietoyhteiskunnan SWOT-analyysi. Turku: TUTU-julkaisuja 4/2003, ympäristöklusterin KESTY-ohjelman eTieto-hankkeen raportti. Saatavissa: [https://www.utu.fi/fi/yksikot/ffrc/julkaisut/tutu-julkaisut/Documents/Tutu\\_2003-4.pdf](https://www.utu.fi/fi/yksikot/ffrc/julkaisut/tutu-julkaisut/Documents/Tutu_2003-4.pdf) [Viitattu 3.11.2017].

Hänninen, Juha (2009). Elinkaarimallit kuntien palvelutuotannossa. Tampereen yliopisto. Pro Gradu-tutkielma. Saatavissa: <http://tampub.uta.fi/bitstream/handle/10024/80606/gradu03566.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [Viitattu 21.4.2018].

Jerram, Lisa & Gartner, John (2012). Executive Summary: Electric Drive Buses. Hybrid, Battery Electric, Plug-In Hybrid, and Fuel Cell Buses; Global Market Analysis and Forecasts for Heavy Duty and Medium Duty Segments. Saatavissa: <http://www.navigantresearch.com/wordpress/wp-content/uploads/2012/08/EBUS-12-Executive-Summary.pdf> [Viitattu 20.4.2018].

Juuso, Matti (2017). Sähköbussia on miellyttävä ajaa. Tampereen kaupunki. Tampereen kaupungin henkilöstölehti Vilku 2/2017. Saatavissa: [http://www.tampere.fi/tiedostot/v/0pshPRFpT/Vilku\\_2\\_2017.pdf](http://www.tampere.fi/tiedostot/v/0pshPRFpT/Vilku_2_2017.pdf) [Viitattu 5.7.2017].

Kendall, Kevin ja Pollet, Bruno G. (2012). Hydrogen and Fuel Cells in Transport. UK: University of Birmingham. 1–13. Saatavissa: <http://www.brunopollet.com/wp-content/uploads/2013/09/Hydrogen-and-Fuel-Cells-in-Transport.pdf> [Viitattu 17.4.2018].

Koivisto, Krista (2014). Julkisen hankkeen päätöksenteon kustannusinformaatio – Case Vuoreksen kaupunkialue Tampereella. Tampereen yliopisto. Pro Gradu-tutkielma. Saatavissa: <https://tampub.uta.fi/bitstream/handle/10024/95255/GRADU-1399042161.pdf?sequence=1> [Viitattu 24.4.2017].

Kotakorpi, Elli & Siikasmaa, Lilli (2016). Sähköbussihankinnan toteutus – Tampereen kokeimuksia. Tampereen kaupunki. Saatavissa: [http://www.tampere.fi/tiedostot/s/XBQy4hM1b/sahkobussihankinnan\\_toteutus\\_240816.pdf](http://www.tampere.fi/tiedostot/s/XBQy4hM1b/sahkobussihankinnan_toteutus_240816.pdf) [Viitattu 1.8.2017].

Kuntalaki 17.3.1995/365. <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1995/19950365> [Viitattu 13.4.2017].

Laininen, Erkki, Manninen, Laura & Tenhunen, Risto (2006). Näkökulmia kestäväan kehitykseen oppilaitoksissa. Opetus-, kasvat- ja koulutusalojen säätiö – OKKA-säätiö. Saatavissa: [http://vanha.koulujaymparisto.fi/nakokulmia\\_kekeen.pdf](http://vanha.koulujaymparisto.fi/nakokulmia_kekeen.pdf) [Viitattu 19.4.2018].

Laki julkisista hankinnoista ja käyttöoikeussopimuksista (1397/2016). <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161397#Pidp451072912>. [Viitattu 28.10.2017].

Lehtinen, Annakaisa (2014). Sähköbussit osana Turun seudun joukkoliikennettä. Tampereen yliopisto: Diplomityö. Saatavissa: [https://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiHs9jNutLaAhVIhqYKHbmtArEQFggnMAA&url=https%3A%2F%2Fdspace.c.c.tut.fi%2Fpub%2Fbitstream%2Fhandle%2F123456789%2F22524%2FLehtinen.pdf%3Bsequence%3D1&usg=AOvVaw2sL\\_Wa2F\\_e6Me7vxTRL6DO](https://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiHs9jNutLaAhVIhqYKHbmtArEQFggnMAA&url=https%3A%2F%2Fdspace.c.c.tut.fi%2Fpub%2Fbitstream%2Fhandle%2F123456789%2F22524%2FLehtinen.pdf%3Bsequence%3D1&usg=AOvVaw2sL_Wa2F_e6Me7vxTRL6DO) [Viitattu 22.8.2017].

Lehtinen, Anna-Kaisa & Kanerva, Olli (2017). Selvitys sähköbussien edistämiseksi suomalaisilla kaupunkiseuduilla. Liikennevirasto: Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 21/2017. 1–66. Saatavissa: [https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/134042/lts\\_2017-21\\_978-952-317-388-0.pdf?sequence=2](https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/134042/lts_2017-21_978-952-317-388-0.pdf?sequence=2) [Viitattu 13.6.2017].

Maican, Edmond (2014). Current State of fuel cells and hydrogen for European road transport sector. Politehnica University of Bucharest. Faculty of Biotechnical Systems Engineering, Biotechnical Systems Research and Development Centre. Saatavissa: [https://www.researchgate.net/publication/277240166\\_CURRENT\\_STATE\\_OF\\_FUEL\\_CELLS\\_AND\\_HYDROGEN\\_FOR\\_EUROPEAN\\_ROAD\\_TRANSPORT\\_SECTOR](https://www.researchgate.net/publication/277240166_CURRENT_STATE_OF_FUEL_CELLS_AND_HYDROGEN_FOR_EUROPEAN_ROAD_TRANSPORT_SECTOR) [Viitattu 17.4.2018].



- Matilainen, Risto (2010). Pikaopas – Dynaaminen investointien hallinta. Saatavissa: <http://www.dynaaminenjohtaminen.fi/pdf/opas-dyn-inv-hallintaan.pdf> [Viitattu 28.3.2018].
- Munasinghe, Mohan (2004). *Sustainomic: A Trans-disciplinary Framework for Making Development More Sustainable*. Sri Lanka: Colombo. Munasinghe Institute for Development. Saatavissa: <http://www.isecoeco.org/pdf/sustainomics.pdf> [Viitattu 23.4.2018].
- Noel, Lance & McCormack, Regina (2014). A cost benefit analysis of a V2G-capable electric school bus compared to a traditional diesel school bus. *Applied Energy*. 126: 246–265. Saatavissa: <https://www1.udel.edu/V2G/resources/V2G-Cost-Benefit-Analysis-Noel-McCormack-Applied-Energy-As-Accepted.pdf> [Viitattu 24.4.2018].
- Pursiainen, Heikki (2014). Kustannus-hyötyanalyysi julkisessa päätöksenteossa: esimerkkinä alueellistamisen arviointi. *Kansantaloudellinen aikakauskirja*. 02/2014. Saatavissa: <http://www.taloustieteellinenyhdistys.fi/wp-content/uploads/2014/09/pursiainen.pdf> [Viitattu 19.4.2018].
- Pöyry, Elias (2016). Sähköinen liikenne 2011–2016. Tekes. Saatavissa: <https://www.secto.fi/wp-content/uploads/Sähköinen-liikenne-FM-ehdotus-2016-06-22.pdf> [Viitattu 24.3.2018].
- Rajamäki, Aila (2017). Tampere toimii uudessa toimintamallissa. Tampereen kaupunki: Saatavissa: <https://www.loora.fi/intra/bulletins/view.action?id=123200> [Viitattu 18.4.2017].
- Ran, Wei & Xiaoyue, Cathy Liu (2016). Strategic Planning and Design for Electric Bus Systems. University of Utah. 1–4. Saatavissa: <https://www.mountain-plains.org/research/projects/downloads/2016-mpc-527.pdf> [Viitattu 22.4.2018].
- Ruter 2016. Fossil free (2020). Saatavissa: <https://ruter.no/en/about-ruter/reports-projects-plans/fossilfree2020/> [Viitattu 16.5.2017].
- Solaris Bus & Coach S.A. (2017). Saatavissa: <https://www.solarisbus.com/en> [Viitattu 28.10.2017].
- Stenman, Pekka, Hänninen, Timo, Kahilaniemi, Sini & Lumiaho, Aki (2014). Tampereen kaupungin sähköisen liikenteen strategia – Käyttöönottoselvitys. Ramboll Finland Oy. Saatavissa: [http://carbonn.org/uploads/tx\\_carbonndata/sahkoisen%20liikenteen%20strategia.pdf](http://carbonn.org/uploads/tx_carbonndata/sahkoisen%20liikenteen%20strategia.pdf) [Viitattu 23.4.2017].
- Stenman, Pekka, Manelius, Leena, Aho, Jaakko & Kotakorpi, Elli (2014). Tampereen kaupungin sähköisen liikenteen toteutussuunnitelma. Ramboll Finland Oy. Saatavissa: <http://www.tampere.fi/tiedostot/s/Jw2zlr79/sahkoisenliikenteentoteutussuunnitelma.pdf> [Viitattu 23.7.2017].
- Stokes, Anna & Poger, Lisa (2013). Report – Electric Drive Buses. Advanced Energy. Saatavissa: [http://www.pluginnc.com/wp-content/uploads/2016/06/31-ElectricBus\\_TechReport.pdf](http://www.pluginnc.com/wp-content/uploads/2016/06/31-ElectricBus_TechReport.pdf) [Viitattu 24.4.2018].
- Taljegard, Maria (2017). The impact of an Electrification of Road Transportation on the Electricity system in Skandinavia. Thesis for the degree of licentiate of Engineering. 1–34. Saa-

tavissa: <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/253394/253394.pdf> [Viitattu 24.4.2018]

Tampereen kaupunki (2013a). Tampere toimii – Kaupungin toimintamalli ja organisaatio. Tampereen kaupunki: Saatavissa:

[http://www.tampere.fi/material/attachments/k/5oFNC8d38/U\\_TreToimii\\_esite\\_180x180\\_FI\\_2013.pdf](http://www.tampere.fi/material/attachments/k/5oFNC8d38/U_TreToimii_esite_180x180_FI_2013.pdf) [Viitattu 15.4.2017].

Tampereen kaupunki (2013b). Yhteinen Tampere – Näköalojen kaupunki. Tampereen kaupunkistrategia 2025. Tampereen kaupunki: Saatavissa:

[http://www.tampere.fi/tiedostot/k/MJNThAyNH/DK\\_TRE\\_strategia\\_suomi\\_kevyt.pdf](http://www.tampere.fi/tiedostot/k/MJNThAyNH/DK_TRE_strategia_suomi_kevyt.pdf) [Viitattu 7.8.2017].

Tampereen kaupunki (2017). Organisaatiokuvat 31.5.2017 asti. Tampereen kaupunki: Saatavissa:

<https://www.loora.fi/intra/download/materials/Organisaatio/Organisaatiokaaviot/Organisaatiokaaviot%202017.pdf> [Viitattu 18.4.2017].

Tampereen Kaupunkiliikenne Liikelaitos (2015). Tampereen Kaupunkiliikenne Liikelaitos – Kertomus vuoden 2015 toiminnasta. Tampereen kaupunki: Saatavissa:

<http://www.tampere.fi/tkl/tk2015.pdf> [Viitattu 20.5.2017].

Tampereen Kaupunkiliikenne Liikelaitos (2015–2016). Tampereen Kaupunkiliikenne Liikelaitoksen organisaatio. Tampereen kaupunki: Saatavissa:

<http://www.tampere.fi/tkl/organisaatio.html> [Viitattu 22.7.2017].

Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy (2017). LIPASTO yksikköpäästötietokanta. Saatavissa: <http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/> [Viitattu 2.4.2018].

Turunen, Matti (2012). Parempia väyliä ja nopeampi yhteyksiä – Liikenne- ja viestintäministeriön 120-vuotisjuhlakirja. Liikenne- ja viestintäministeriö: Saatavissa:

[https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/78025/LVM\\_120-vuotisjuhlakirja.pdf?sequence=1](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/78025/LVM_120-vuotisjuhlakirja.pdf?sequence=1) [Viitattu 13.8.2017].

Työ- ja elinkeinoministeriö (2017). Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030. Työ- ja energiaministeriön julkaisuja 4/2017. Saatavissa:

[http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79189/TEMjul\\_4\\_2017\\_verkkojulkaisu.pdf?sequence=1](http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79189/TEMjul_4_2017_verkkojulkaisu.pdf?sequence=1) [Viitattu 2.5.2017].

Vakkuri, Jarmo, Oulasvirta, Lasse, Wacker, Jani & Kivimäki Riikka (2011). Tarkastus ja arviointi julkisen ja yksityisen rajapinnassa. Tampere University Press. Tampere: Tampereen yliopistopaino Oy. Saatavissa:

[https://www15.uta.fi/kirjasto/pdf/suoj/vakkuri\\_tarkastus\\_ja\\_arviointi.pdf](https://www15.uta.fi/kirjasto/pdf/suoj/vakkuri_tarkastus_ja_arviointi.pdf) [Viitattu 29.3.2018].

World Commission on Environment and Development (1987). Our Common Future. New York: United Nations. Saatavissa: <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf> [Viitattu 22.4.2018].

# LIITTEET

## Liite 1. Kyselylomake (SWOT)

LIITE 1: 1(3)

Arvoisa TKL:n työntekijä!

Olen Aki Kohonen ja teen hallintotieteiden maisterikoulutuksen (julkisen talousjohtamisen opintosuunta) Pro gradu – tutkielmaani sähköbussien kannattavuudesta joukkoliikenteessä. Tiedustelisinkin mielipiteitänne ja kokemuksianne liittyen ensisijaisesti sähkö- ja dieselbussien käytettävyydestä sekä kustannuksista. Opiskelen Tampereen yliopistossa, johtamiskorkeakoulussa. Pro graduni ohjaajana toimii julkisen talousjohtamisen opintosuunnan professori Eija Vinnari.

Tutkimuksessani noudatan eettisyyttä sekä kunnioitan vastaajien anonymisyyttä. Vastauksista ei tule esiin vastaajan nimeä eikä osoitetta. Käsittelen vastaukset itse eli kukaan muu ei lue vastauksia. Tutkimustulokset käsittelen siten, ettei yksittäistä vastaajaa voi tietää.

Tarvitsisin vastauksiasi alla oleviin kysymyksiin niin perusteellisesti ja pitkästi kuin voit. Mieti siis mitä kokemuksia sinulla on sähkö- ja dieselbussien mahdollisista vahvuuksista, heikkouksista, mahdollisuuksista sekä uhkista. Vastaukset perustuvat työntekijän omiin ajatuksiin ja kokemuksiin eli voit vastata ihan niin kuin itse asian olet kokenut ja ymmärtänyt. Vääriä vastauksia ei ole!

Kiitän etukäteen arvokkaasta tiedostasi. Vastaathan ja palautathan kyselylomakkeen kahden viikon sisällä (viim. 18.8. mennessä).

Terveisin,

Tampereella 28.7.2017

Aki Kohonen

Tampereen yliopisto/Johtamiskorkeakoulu

Hallintotieteiden maisterikoulutus, julkinen talousjohtaminen

**SWOT-kysely**  
(28.7.-18.8.2017)

Pyydän sinua ystävällisesti vastaamaan jokaiseen kohtaan joko ympäröimällä parhaiten vastaava vaihtoehto tai kirjoittamalla vastaus sille varattuun tilaan.

**TAUSTATIEDOT**

- |    |   |          |                                |                  |           |          |
|----|---|----------|--------------------------------|------------------|-----------|----------|
| 1. | <b>Sukupuoli</b>                            |          | <b>N</b>                       | <b>M</b>         |           |          |
| 2. | <b>Ikä</b>                                  |          | _____                          |                  |           |          |
| 3. | <b>Koulutus</b>                             |          |                                |                  |           |          |
|    | Peruskoulu                                  | Lukio    | Ammattikoulu                   | Korkeakoulu      | Yliopisto | Joku muu |
| 4. | <b>Työskentelen</b>                         |          |                                |                  |           |          |
|    | Linja-autonkuljettaja                       | Hallinto | Tekninen- tai liikenteen johto | Liikennetoimisto | Joku muu  |          |
|    | Työskennellyt TKL:n organisaatiossa, vuosia |          |                                |                  |           |          |
| 5. |   |          | _____                          |                  |           |          |

**VAHVUUDET**

**6. Mitkä ovat mielestäsi diesel- ja sähköbussien käytettävyyden ja kustannusten vahvuuksia?**

Dieselbussit	
Sähköbussit	

**HEIKKOUEDET**

**7. Mitkä ovat mielestäsi diesel- ja sähköbussien käytettävyyden ja kustannusten heikkouksia?**

Dieselbussit	
Sähköbussit	

Jatkuu -->

MAHDOLLISUUDET	
8. Mitkä ovat mielestäsi diesel- ja sähköbussien käytettävyyden ja kustannusten mahdollisuuksia?	
Dieselbussit	
Sähköbussit	

UHAT	
9. Mitkä ovat mielestäsi diesel- ja sähköbussien käytettävyyden ja kustannusten uhkia?	
Dieselbussit	
Sähköbussit	

Ole ystävällinen ja palauta kyselylomake hallinnon, Livakin ja/tai keskustorin tilityskoneiden vieressä olevaan kyselylaatikkoon **18.8.2017** mennessä.

KIITOKSIA VASTAUKSISTA!

Huom! Jos haluat lisäksi osallistua arvontaan, niin kirjoita  
numerosi ja/tai sähköpostiosoitteesi -->

\_\_\_\_\_

## Liite 2. Diesel- ja sähköbussien elinkaarikustannusten tietoja

## LIITE 2: 1(3)

<b>Elinkaarikustannukset (leasing-hankintamalli) - kovat arvot</b>			
Leasing hankintakustannukset			
Käyttö-/operointikustannukset			
Huoltokustannukset			
Muut kustannukset			
Kokonaiskustannukset			
<b>Ympäristöpäästöt - pehmeät arvot</b>			
CO (g/km) = hiilimonoksidi			
HC (g/km) = hiilivedyt (sis. metaanin CH <sub>4</sub> )			
NO <sub>x</sub> (g/km) = typen oksidit			
PM (g/km) = hiukkaset			
CH <sub>4</sub> (g/km) = metaani			
N <sub>2</sub> O (g/km) = typpioksiduuli			
SO <sub>2</sub> (g/km) = rikkioksidi			
CO <sub>2</sub> (g/km) = hiilidioksidi			
CO <sub>2</sub> ekv. (g/km) = kasvihuonekaasut CO <sub>2</sub> ekvivalentteina (CH <sub>4</sub> kerroin 25 ja N <sub>2</sub> O kerroin 298)			
Energia (g/km) = kWh/km			
<b>Linja-automalli</b>	<b>Yksikkö</b>	<b>Dieselbussi</b>	<b>Sähköbussi</b>
<b>Yleiset tiedot</b>			
Kaluston määrä (tilanne 31.12.2017)	Kpl	144	4
Sähköbussin tyyppi/malli	Malli	Solaris nU12E	
Käyttöikä (arvio)	Vuosi	15	15
Koko kaluston ajokilometrit (tilanne 31.12.2017)	Km/v	9 888 000	158 005
Yhden bussin keskimääräiset ajokilometrit (tilanne 31.12.2017)	Km/v	70 000	40 000
Koko kaluston linjakilometrit (Tilanne 31.12.2017)	Km/v	8 899 600	142 200
Yhden bussin keskimääräiset linjakilometrit (tilanne 31.12.2017)	Km/v	61 803	35 550
<b>Linja 2 tietoja</b>			
Linja 2 pituus	Km	Max. 20 km (10 km yhtein suuntaan)	
Linja 2 ajoaika (keskimäärin)	Kpl	Max. 65 min	
Linja 2 bussipysäkkien määrä	Kpl	Max. 30 pysäkkiä per suunta	

## LIITE 2: 3(3)

Linja-automalli	Yksikkö	Dieselbussi	Sähköbussi
<b>Leasing-hankintakustannukset (sis Alv 24)</b>			
Leasing kesto	60 kk	60	60
Avausmaksu	€	370,76 €	- €
Käsitteilypalkkiot	€/60 kk	595,20 €	- €
Leasing kuukausivuokrat	€/60 kk	173 750,04 €	570 046,05 €
Koron osuudet	€/60 kk	18 236,18 €	- €
Jäännösarvo	€	110 484,00 €	137 640,00 €
Latausinfra rakentaminen (latausasema+pikalatausasemat 4 kpl), (sis. alv)	€		257 880,00 €
Hankintahinta	€	285 200,00 €	682 000,00 €
<b>LEASING HANKINTAKUSTANNUKSET (ilman latausinfra) YHTEENSÄ</b>	<b>€</b>	<b>303 436,18 €</b>	<b>707 686,05 €</b>
<b>LEASING HANKINTAKUSTANNUKSET (sis. latausinfra) YHTEENSÄ</b>	<b>€</b>	<b>303 065,42 €</b>	<b>965 566,05 €</b>
<b>Polttoainekustannukset (diesel)</b>			
Keskimääräinen polttoainekulutus (2-aks. Volvo, Euro 6)	litraa/100 km	36	9,6
Keskimääräinen polttoainekulutus (2-aks. Volvo, Euro 6)	litraa/1 km	0,36	0,096
Polttoaineen/dieselin hinta (tilanne 31.12.2017), veroton	0,992 €/l	0,992 €	0,992 €
Polttoainekustannukset (diesel) yhteensä		24 998,40 €	3 809,28 €
<b>Sähkö-/energiakustannukset</b>			
Keskimääräinen sähkön/energian kulutus	kWh/100 km	-	115
Keskimääräinen sähkön/energian kulutus	kWh/1 km	-	1,15
Sähkön/energian hinta (tilanne 31.12.2017), veroton	0,082 €/kWh	- €	0,082 €
Sähkö-/energiakustannukset yhteensä		0,00 €	3 772,00 €
<b>Akun tietoja ja kustannukset</b>			
Akun tyyppi/malli	Malli		Impact 640-110/ZOLTAN
Akun kapasiteetti (koko)	kWh		75
Syklikesto	~		>14000
Energiatiheys	Wh/kg		89
Maksimi latausteho	C		5
Maksimi purkuteho	C		5
Toimintasäde yhdellä latauksella (maks.)	Km		65
Sähköbussin akun hankinta- tai vaihtamisen hinta, veroton	€/kpl		300 000,00 €
Sähköbussin akun arvioitu vaihtoväli, sykli-ikä (esim. 5v/10v/15v/20v)	Esim. krt / 20v		15
<b>Latauslaitteiden kustannukset ja mahdollisuudet Tampereella (tilanne 31.12.2017)</b>			
Varikkolataus eli yön yli lataus	Kyllä/Ei		kyllä
Päätepysäkkilataus	Kyllä/Ei		kyllä
Lataus jokaisella pysäkillä	Kyllä/Ei		ei
Akun kustannukset yhteensä		0,00 €	0,00 €
<b>KÄYTTÖ-/OPEROINTIKUSTANNUKSET YHTEENSÄ</b>	<b>€</b>	<b>24 998,40 €</b>	<b>7 581,28 €</b>

## LIITE 2: 3(3)

Linja-automalli	Yksikkö	Dieselbussi	Sähköbussi
<b>Huoltokustannukset</b>			
Sähköbussin huoltosopimus, veroton	0,1756 €/km		0,1756 €
Dieselbussin huoltosopimus, veroton, (2-aks. Volvo, Euro 6)	0,14 €/km	0,14 €	
<b>HUOLTOKUSTANNUKSET YHTEENSÄ</b>	<b>€</b>	<b>9 800,00 €</b>	<b>7 024,00 €</b>
<b>Verot ja muut kustannukset</b>			
Vakuutusmaksut (alv 0 %)	€/vuosi	750,00 €	750,00 €
<b>MUUT KUSTANNUKSET YHTEENSÄ</b>	<b>€</b>	<b>750,00 €</b>	<b>750,00 €</b>
<b>KOKONAISKUSTANNUKSET (KOVAT ARVOT), ilman latausinfraa</b>	<b>€</b>	<b>338 984,58 €</b>	<b>723 041,33 €</b>
<b>KOKONAISKUSTANNUKSET (KOVAT ARVOT), sis. Latausinfra</b>	<b>€</b>	<b>338 613,82 €</b>	<b>980 921,33 €</b>
<b>Yksikköpäästöt</b>			
LIPASTO-järj. (g/km) v. 2016 (päivitetty tietokanta 6.7.2017)			
Dieselbussi (EURO 6): Kokonaismassa 18 t, kantavuus 6 t, automaattivaihteisto, kaupunkibussit (43 matk.)			
Sähköbussi: Kokonaismassa 16 t, kantavuus 5,5 t, kaupunkibussit (43 matk.)	CO (g/km) = hiilimonoksidi	0,30	
	HC (g/km) = hiilivedyt (sis. metaanin CH4)	0,040	
	NOx (g/km) = typen oksidit	0,80	
	PM (g/km) = hiukkaset	0,0040	
	CH4 (g/km) = metaani	0,0011	
	N20 (g/km) = typioksiduuli	0,041	
	SO2 (g/km) = rikkioksidi	0,0040	
	CO2 (g/km) = hiilidioksidi	1201	
	CO2ekv. (g/km) = kasvihuonekaasut CO2 ekvivalentteina (CH4 kerroin 25 ja N20 kerroin 298)	1213	
Lipasto-järjestelmä	Energia (g/km) = kWh/km	5,1	1,7
TKL:n ilmoittama	Energia (g/km) = kWh/km		1,15
<b>YMPÄRISTÖPÄÄSTÖT YHTEENSÄ (PEHMEÄT ARVOT)</b>			